ผลของหินฝุ่นต่อผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของหัวมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.)

นางสาวณิชชาภัฏ บรรพสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

EFFECTS OF LIMESTONE TAIL ON YIELD, PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS AND POST HARVEST PHYSIOLOGICAL DETERIO-RATION OF CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz.) ROOT

Nitchaphat Banphasuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Crop Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

ผลของหินฝุ่นต่อผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และการเสื่อม สภาพทางสรีรวิทยา หลังการเก็บเกี่ยวของหัวมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.เรณู ขำเลิศ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(อ. ดร.อัศจรรย์ สุขธำรง)
กรรมการ

_____

(อ. ดร.ฐิติพร มะชิโกวา)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ณิชชาภัฏ บรรพสุวรรณ : ผลของหินฝุ่นต่อผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของหัวมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.) [EFFECTS OF LIMESTONE TAIL ON YIELD, PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS AND POST-HARVEST PHYSIOLOGICAL DETERIORATION OF CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz.) ROOT] อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรณู ขำเลิศ, 83 หน้า

การศึกษาผลของหินฝุ่นที่มีต่อผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลัง แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาการใช้หินฝุ่น 2 ชนิด ได้แก่ หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของหัวมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60, ระยอง 7, ระยอง 9 และ CMR 43-08-89 โดยการใช้หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นในสัดส่วนและอัตราต่าง ๆ ร่วมและไม่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 (ควบคุม, 50:150, 100:100, 150:50, 0:200, 200:0 กิโลกรัมต่อไร่) ทำการศึกษา ณ แปลงเกษตรกรในอำเภอปักธงชัย ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2550 ถึง สิงหาคม 2551 โดยวางแผนการทดลองแบบสปลิตพลอตแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบลอก จำนวน 4 ซ้ำ เก็บเกี่ยวที่อายุ 8 เดือน วัดผลผลิตและวัดเปอร์เซ็นต์แป้งโดยการใช้เครื่องชั่ง Reimann scale และการสกัดโดยตรง พบว่ามันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ยจากทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์สูงที่สุด (5.84 ตันต่อไร่) มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 22.04% ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 4.74 ตันต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 22.37% ส่วนตำรับควบคุมให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 ตันต่อไร่ และมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 23.68% ซึ่งการใส่หินฝุ่นมีผลทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พันธุ์ที่ต่างกันมีผลทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดจากทุกตำรับปุ๋ยคือ สายพันธุ์ CMR 43-08-89 โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 5.80 ตันต่อไร่ แต่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยต่ำที่สุด (20.78%) พันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 4.59 ตันต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 23.66% พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุดคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (24.28%) ซึ่งวิธีการสกัดแป้งโดยตรงและวิธี Reimann scale มีความสอดคล้องกันในทุกระดับการทดลอง

การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนและปริมาณของหินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (ควบคุม, 50:150, 100:100, 150:50 กิโลกรัมต่อไร่) ที่มีผลต่อผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวของหัวมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ได้แก่ ห้วยบง 60, ระยอง 7 และ

ระยอง 9 ที่อายุ 12 เดือน ทำการศึกษา ณ แปลงทดลองในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนสิงหาคม 2551 ถึง สิงหาคม 2552 โดยวางแผนการทดลองแบบสปลิตพลอตแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบลอก จำนวน 4 ซ้ำ จากการศึกษาพบว่า มันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด (8.51 ตันต่อไร่) ในขณะที่ตำรับควบคุมมีผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด (7.41 ตันต่อไร่) เปอร์เซ็นต์แป้งต่ำที่สุด (25.57%) คือการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 28.47% ซึ่งตำรับหินฝุ่นต่าง ๆ มีผลทำให้ผลผลิตเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้ง พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุดคือ พันธุ์ระยอง 9 (29.20%) เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ พันธุ์ระยอง 7 (27.96%) สำหรับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดคือ พันธุ์ห้วยบง 60 (9.57 ตันต่อไร่) และมีแนวโน้มการเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวช้าที่สุด พันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ พันธุ์ระยอง 7 (6.62 ตันต่อไร่) ในมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไซยาไนด์สูงที่สุดเท่ากับ 114.50 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำที่สุดเท่ากับ 84.19 ไมโครกรัมต่อกรัม พันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์สูงที่สุดจากค่าเฉลี่ยในทุกตำรับทดลองคือ พันธุ์ห้วยบง 60 (116.34 ไมโครกรัมต่อกรัม) ต่ำที่สุดคือพันธุ์ระยอง 9 (84.53 ไมโครกรัมต่อกรัม) มันสำปะหลังทุกพันธุ์ในทุกตำรับทดลองมีปริมาณอะมิโลสเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณอะมิโลสอยู่ระหว่าง 17.70–19.50% และมีค่าอะมิโลเพคตินเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 80.50-82.30% นอกจากนี้การเกิดการเสื่อมสภาพหลังการเก็บเกี่ยวนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์แป้ง ปริมาณอะมิโลส ปริมาณอะมิโลเพคติน และปริมาณไซยาไนด์ในหัวมัน

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

EFFECTS OF LIMESTONE TAIL ON YIELD, PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS AND POST-HARVEST PHYSIOLOGICAL DETERIORATION OF CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz.) ROOT. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. RENU KHUMLERT, Ph.D., 83 PP.

LIMESTONE TAIL/POST-HARVEST PHYSIOLOGICAL DETERIORATION/ CASSAVA/STARCH YIELD

This study investigated the effects of applying a combination of limestone tail and basalt tail with chemical fertilizer on the yield, physico-chemical and physiological characteristics of cassava roots (*Manihot esculenta* Crantz.) It was conducted by undertaking two sets of experiments.

The first set of experiments studied the effects of different combinations of limestone tail and basalt tail with the ratio of 0, 1:3, 1:1, 3:1, 0:1, 1:0, all at the rate 200 kg/rai, with and without chemical fertilizer 13-13-21 on the yield and starch content of 5 cassava cultivars namely Kasetsart 50 (KU50), Huaybong 60 (HB60), Rayong 7 (R7), Rayong 9 (R9), CMR 43-08-89 at a farm in Pak Thong Chai District with 4 replicate Split-plots in RCB design. The experiment started from November 2007 to August 2008. Fresh roots were harvested 8 months after planting, from which the cassava yield was measured. The starch content was measured using two methods: measurement by direct extraction and measurement using Reimann scale. The results showed that combination of limestone tail and basalt tail with a ratio of 1:1 at the rate of 200 kg/rai, with chemical fertilizer at the rate of 25 kg/rai, gave the highest fresh

root yield at 5.84 tons/rai, with a starch content of 22.04%, while the control roots have a yield of 4.9 tons/rai but with a starch content of 23.68%. The combination which used only chemical fertilizer gave the lowest fresh root yield at 4.74 tons/rai, with a starch content of 22.37%. Among the five cultivars, the CMR89 cultivar gave the highest fresh root yield at 5.80 tons/rai, but the lowest starch content at 20.78%. Cultivar R9 gave the lowest fresh root yield of 4.59 tons/rai but with a high starch content of 23.66%. Cultivar KU50 gave the highest starch content of 24.28%. The average fresh root yield and starch content of all treatment were not statistically different but five cassava cultivars had statistically different on fresh root yield and starch content.

The second set of experiments evaluated the effects of different combinations of limestone tail and basalt tail, at the ratio of 0, 1:3, 1:1, 3:1 and at the rate 200 kg/rai, with chemical fertilizer 13-13-21 at the rate of 25 kg/rai, in all treatments on fresh root yield, physiological characteristics, chemical characteristics and postharvest physiological deterioration (PPD) of 3 cassava cultivars : HB60, R7 and R9. The second set of experiments was conducted at the Suranaree University of Technology experimental field in Nakhon Ratchasima Province with 4 replicate Split-plots in RCB design. It started from August 2008 to August 2009. Fresh roots were harvested 12 months after planting. The yield, starch content, PPD, amylose content and Cyanide content of the roots were then measured. The results indicated that the treatments using different combinations of limestone tail and basalt tail had highly significant effect on the fresh root yield but not on the starch content. The combination of limestone tail and basalt tail at a ratio of 1:1 gave a high fresh root yield at 8.51 tons/rai, while the combination of limestone tail and basalt tail at the ratio of 1:3 gave

the lowest fresh root yield at 7.10 tons/rai. The combination of limestone tail and basalt tail at the ratio of 3:1 gave the lowest starch content of 25.57% while the control crop had a yield of 7.41 tons/rai with the highest starch content at 28.47%. The three cassava cultivars had a significant effect on both the fresh root yield and the starch content. Cultivar HB60 gave the highest fresh root yield of 9.57 tons/rai among the three cultivars, but with the lowest starch content at 26.70%. Cultivar R7 gave the lowest fresh root yield at 6.62 tons/rai, while Cultivar R9 gave the highest starch content at 29.20%.

In terms of PPD, the lowest level of PPD was shown in the treatment using the combination of limestone tail and basalt tail at the ratio of 1:1, but the same treatment gave the highest cyanide content at 114.50 μg/g. The combination of limestone tail and basalt tail at the ratio of 3:1 gave the lowest cyanide content at 84.19 μg/g, but gave the highest level of PPD. There was a trend that Cultivar HB60 gave the lowest level of PPD, but also the highest level of cyanide content at 116.34 μg/g, while Cultivar R9 gave the lowest cyanide content at 84.53 μg/g. The results also indicated that the average amylose content (17.70-19.50%) and amylopectin content (80.50-82.50%) from all treatments and cultivars were not statistically different. There was no relationship between the PPD and either the starch content, the amylase content, or the cyanide content of the cassava roots.

School of Crop Production Technology Student's Signature_____

Academic Year 2010 Advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง 6

2.2 ชนิดและพันธุ์มันสำปะหลัง 10

2.3 การปลูกมันสำปะหลัง 12

2.4 การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง 13

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในมันสำปะหลัง 13

2.6 ประโยชน์ของมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง 14

2.7 ลักษณะและองค์ประกอบของมันสำปะหลัง 15

2.8 การเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยว 17

2.9 หินฝุ่น 18

2.10 องค์ประกอบของหินฝุ่น 18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์การทดลอง และสารเคมี 20

3.2 ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และสถานที่ทำการทดลอง 22

3.3 ระยะเวลาทำการทดลอง 22

3.4 วิธีการวิจัย

3.4.1 การทดลองที่ 1 ผลของหินฝุ่นต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ 23

3.4.2 การทดลองที่ 2 ผลของหินฝุ่นผสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลังในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ 25

4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 ผลของหินฝุ่นต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ 28

4.2 ผลของหินฝุ่นผสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี และสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลังในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ 34

5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 49

รายการอ้างอิง 54

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ 61

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส 63

ประวัติผู้เขียน 83

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 องค์ประกอบของหินปูนฝุ่น 23
3.2 องค์ประกอบของหินบะซอลต์ฝุ่น 23
4.1 ความสูงต้นที่อายุ 6 และ 8 เดือน ของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยตำรับต่าง ๆ 32
4.2 ผลผลิตต่อไร่ ผลผลิตแป้งต่อไร่ และ ดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยตำรับต่าง ๆ 33
4.3 ความสูงของมันสำปะหลังที่อายุ 4-12 เดือนที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่างๆ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม 38
4.4 ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ผลผลิตแป้งเฉลี่ยต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งที่ได้จากการสกัด และเปอร์เซ็นต์แป้งที่ได้จากเครื่องชั่ง Reimann scale และดัชนีเก็บเกี่ยว ของมันสำปะหลัง 3พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยตำรับต่าง ๆ 39
4.5 ค่าเฉลี่ยของปริมาณเปลือกและเนื้อหัวมันสำปะหลัง (%) 3 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ 44
4.6 ค่าเฉลี่ยของคะแนนการเสื่อมสภาพ ปริมาณไซยาไนด์ รวม ปริมาณอะมิโลส และอะมิโลเพคตินในหัวมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยตำรับต่าง ๆ 45

ตารางภาคผนวกที่

1 ลักษณะประจำพันธุ์มันสำปะหลังที่พัฒนาพันธุ์ โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร 65
2 ลักษณะประจำพันธุ์มันสำปะหลังที่พัฒนาพันธุ์ โดยความร่วมมือของนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย 66
3 ความสูงของต้นมันสำปะหลังที่อายุ 6 เดือนที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่างๆ 69
4 ความสูงของต้นมันสำปะหลังที่อายุ 8 เดือนที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่างๆ 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

5 ผลผลิตของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่างๆ 71

6 เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่วัดโดย
วิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann scale ในตำรับปุ๋ยต่างๆ 72

7 เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่วัดโดย
วิธีการสกัดโดยตรง ในตำรับปุ๋ยต่างๆ 73

8 ความสูงเฉลี่ยของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่อายุ 4-12 เดือน
ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่างๆ 76

9 ผลผลิตของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่างๆ 77

10 เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ที่วัดโดย
วิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann scale ในตำรับปุ๋ยต่างๆ 78

11 เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ที่วัดโดย
วิธีการสกัดโดยตรง ในตำรับปุ๋ยต่างๆ 78

12 ปริมาณธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง 80

13 ปริมาณธาตุอาหารในลำต้นมันสำปะหลัง 80

14 ค่าวิเคราะห์ดิน ณ แปลงเกษตรกร อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา 81

15 ค่าวิเคราะห์ดิน ณ แปลงวิจัยที่ใช้ปลูกทดสอบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 82

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ส่วนประกอบของลำต้น 7
2.2 ลักษณะภายนอกและรูปร่างต่างๆของใบมันสำปะหลัง 7
2.3 ส่วนประกอบของดอกตัวเมียและดอกตัวผู้ของมันสำปะหลัง 8
2.4 ลักษณะภายในและภายนอกของผลมันสำปะหลัง 8
2.5 ลักษณะภายนอกของรากหรือหัวมันสำปะหลัง 9
2.6 ลักษณะลักษณะภายในของหัวมันสำปะหลังหั่นตามขวาง 9
4.5 การเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยา (PPD) ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม หลังจากเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 9 วัน 46
4.6 การเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยา (PPD) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 7 ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม หลังจากเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 9 วัน 47
4.7 การเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยา (PPD) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม หลังจากเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 9 วัน 48

ภาพผนวกที่

1 แปลงเกษตรกรที่ใช้ปลูกทดสอบ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา 67
2 แปลงปลูกทดสอบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 67
3 การทำปฏิกิริยาให้เกิดสีด้วยสารละลายไพริดีน/ไพราโซโลน ในการวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์รวม 68
4 การทำปฏิกิริยาให้เกิดสีด้วยสารละลายไพริดีน/ไพราโซโลนหลังบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 40 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 620 nm 68
5 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้ โดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann Scale

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

และ วิธีการสกัด ในมันสำปะหลังทุกพันธุ์จากตำรับการทดลองต่าง ๆ ที่อายุ 8 เดือน 74
6 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้ โดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann Scale
และ วิธีการสกัด ในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ จากทุกตำรับการทดลองที่อายุ 8 เดือน 75
7 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้ โดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann scale และ
วิธีการสกัด ในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ จากทุกตำรับการทดลองที่อายุ 12 เดือน 79
8 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้ โดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann scale และ
วิธีการสกัด ในมันสำปะหลังทุกพันธุ์ในตำรับต่าง ๆ การทดลองที่อายุ 12 เดือน 79

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

PPD	=	การเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว
KU 50	=	เกษตรศาสตร์ 50
HB 60	=	ห้วยบง 60
R7	=	ระยอง 7
R9	=	ระยอง 9
Ca	=	Calcium
Mg	=	Magnesium
Fe	=	Iron
Cu	=	Copper
Mn	=	Manganese
Zn	=	Zinc
CNT	=	ปริมาณไซยาไนด์รวม
°C	=	องศาเซลเซียส
ซม.	=	เซนติเมตร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยในแง่พืชอาหารรองจากข้าว และเป็นพืชที่ทำรายได้ให้เกษตรกรมากเป็นอันดับที่ 4 รองจากยางพารา อ้อยและข้าว ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก มันสำปะหลังที่ผลิตได้ส่งออกร้อยละ 60 จำแนกเป็นแป้งมันร้อยละ 40 มันเส้นร้อยละ 13 และมันอัดเม็ดร้อยละ 7 โดยส่งออกมันเส้นและแป้งมันสำปะหลังไปยังจีน ญี่ปุ่น ไต้หวัน และอินโดนีเซีย และส่งออกมันอัดเม็ดไปยังสหภาพยุโรป เหลือใช้ภายในประเทศร้อยละ 40 จำแนกเป็นมันเส้นและแป้งมันคิดเป็นร้อยละ 37 และเอทานอลร้อยละ 3 ในปี 2550 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งสิ้น 7.478 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 26.411 ล้านตัน มีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3.7 ตันต่อไร่ (ประภาส ช่างเหล็ก, 2550; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) รัฐบาลโดยหน่วยงานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์ในการผลิตมันสำปะหลัง ให้เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมเอทานอลและอุตสาหกรรมอื่น ๆ โดยกำหนดพื้นที่ปลูกไว้เท่าเดิม คือ 7.478 ล้านไร่ แต่จะให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 4.7 ตันต่อไร่ภายในปี 2555 สำหรับใช้เป็นพืชอาหารรวมทั้งรองรับการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ 85% โดยปริมาตรกับน้ำมันเบนซิน หรือเรียกว่าน้ำมัน E85 ในอนาคตเพื่อทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551) ปัจจุบันมีโรงงานผลิตเอทานอลที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบจำนวน 5 โรง โดยศักยภาพการผลิตสำหรับหัวมันสด 1 ตัน สามารถผลิตเอทานอลได้ 167 ลิตร และมันเส้น 1 ตัน ผลิตเอทานอลได้ 333 ลิตร โดยแนวโน้มปริมาณการผลิตเอทานอลในปี 2552 ประมาณ 1.89 ล้านลิตร/วัน (จากกำลังการผลิต 2.525 ล้านลิตร) ขณะที่แนวโน้มความต้องการใช้มีปริมาณเท่ากับ 1.54 ล้านลิตรต่อวัน และคาดว่าความต้องการจะขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ต่อปี (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร, 2552)

จากการสำรวจภาวะการผลิตและการค้ามันสำปะหลัง ฤดูกาลผลิตปี 2552/53 พื้นที่สำรวจได้แก่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลัง รวม 42 จังหวัด คาดว่า พื้นที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจะลดลงร้อยละ 6.16 ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ลดลงร้อยละ 1.68 จะได้ผลผลิตรวมลดลงร้อยละ 7.74 เปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตปี 2551/2552 ซึ่งมีพื้นที่เก็บเกี่ยว 8.292 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 3.628 ตัน ผลผลิตรวม 30.088 ล้านตัน (สมาคมโรงงาน

ผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2552) ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมันสำปะหลังภายใต้เงื่อนไขพื้นที่ปลูกที่จำกัดจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องดำเนินการโดยเร่งด่วน

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 53.63 ของทั้งประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) หัวมันสำปะหลังเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วจะถูกรวบรวมใส่รถบรรทุกขนไปส่งยังลานมันและโรงงานแป้งเพื่อแปรรูป ระยะทางจากแปลงปลูกไปยังโรงงานแป้ง ระยะเวลาเข้าแถวเพื่อชั่งน้ำหนัก ตรวจวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง และการรอขนส่งสู่โรงงาน ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในหัวมันสำปะหลังก่อนเข้าสู่โรงงาน เนื่องจากหัวมันสำปะหลังเป็นผลิตผลสดที่มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้น เกิดความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย ซึ่งจะเกิดภายใน 24–48 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยว ความเสียหายนี้เป็นการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยา (Post-harvest Physiological Deterioration: PPD) โดยเกิดการอุดตันที่ท่อลำเลียงบริเวณ xylem parenchyma ซึ่งทำให้เกิดเป็นสีน้ำเงินถึงดำ (Reilly et al., 2004) ส่งผลให้คุณภาพแป้ง (flour quality) ลดลง (Ihedioh et al., 1996 ; Wenham et al., 2004) มีผู้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสาเหตุและการลดหรือยืดการเกิดการเสื่อมสภาพของมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีอายุหลังการเก็บเกี่ยวนานขึ้น (Echeverry et al., 2001) แต่ในทางด้านการเขตกรรมที่มีผลต่อคุณภาพของมันสำปะหลังยังไม่พบว่ามีรายงานว่ามีผู้ทำการศึกษา

จากการส่งเสริมให้ผู้นำเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของดิน ปุ๋ย และการปรับปรุงดินเพื่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังอย่างถูกต้อง ในโครงการส่งเสริมและพัฒนาการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง และโครงการศึกษาวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง (เรณู ขำเลิศ และคณะ, 2549) โดยความร่วมมือจากสำนักงานจังหวัดนครราชสีมาและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าการใส่หินฝุ่น 2 ชนิด คือ หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นที่มีธาตุอาหารที่จำเป็น (trace elements) ต่อพืช (แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง และสังกะสี) ซึ่งมีราคาถูก (0.1-0.12 บาทต่อกิโลกรัม) ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีอย่างเหมาะสม สามารถช่วยยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังขึ้นได้ 1–3 ตันต่อไร่ และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ยเคมีลงอีกด้วย (เรณู ขำเลิศ และคณะ, 2549) และจากการทดลองเบื้องต้นพบว่า หัวมันสำปะหลังที่ได้รับหินฝุ่นเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวช้ากว่าหัวมันสำปะหลังตำรับควบคุม จึงอาจเป็นไปได้ว่าการใส่หินปูนฝุ่นซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่จำเป็นของพืช โดยเฉพาะธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียม นอกจากจะช่วยเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังแล้วยังจะช่วยลดหรือชะลอการเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาดังกล่าวได้ด้วย การทดลองเพื่อพิสูจน์เรื่องดังกล่าวจะให้แนวทางเลือกที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตและทราบถึงผลของหินฝุ่นต่อคุณภาพและการยืดอายุของคุณภาพของหัวมันก่อนเข้าโรงงานอีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนและปริมาณของหินฝุ่น 2 ชนิดคือ หินปูนฝุ่น และหินบะ-ซอลต์ฝุ่นที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการเปลี่ยนแปลงลักษณะกายภาพ ทางเคมี และทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลัง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ คือ การศึกษาอิทธิพลของชนิด สัดส่วน และปริมาณของหินฝุ่นต่อการเจริญเติบโต, การให้ผลผลิต, การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ, ทางเคมี และทางสรีรวิทยาอื่น ๆ ของมันสำปะหลัง เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตและยืดอายุคุณภาพของหัวมันสำปะหลังหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงอิทธิพลของหินฝุ่นแต่ละชนิดและอัตราส่วนของหินฝุ่นผสมต่อการตอบสนองต่อหินฝุ่นของมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์ในด้านผลผลิต เปอร์เซ็นต์แป้ง และคุณภาพของผลผลิตมันสำปะหลังหลังการเก็บเกี่ยว

1.4.2 ได้ทางเลือกในการเพาะปลูกมันสำปะหลังให้มีผลผลิตสูงและมีปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสูงเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง

1.4.3 ได้วิธีทางเลือกที่สามารถช่วยชะลอการเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลังภายหลังการเก็บเกี่ยวได้นานขึ้น

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มันสำปะหลัง เป็นพืชที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz. เป็นพืชวงศ์เดียวกับละหุ่งและยางพารา (family : Euphorbiaceae) อยู่ในสกุล (genus) Manihot ชนิด (species) esculenta มีชื่อเรียกสามัญในภาษาอังกฤษว่า Cassava หรือ Tapioca ประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้ใช้ภาษาสเปนเรียกว่า ยูกา (yuca) ในประเทศบราซิลใช้ภาษาโปรตุเกสเรียกว่า แมนดิโอกา (mandioca) แถบประเทศในทวีปแอฟริกาที่พูดภาษาฝรั่งเศส เรียกว่า แมนิออก (ma-nioc) (สารานุกรมไทย ฉบับเยาวชนเล่ม 5, 2543) มันสำปะหลัง เป็นพืชดั้งเดิมของชาวพื้นเมืองในเขตร้อนของทวีปอเมริกา ตั้งแต่อเมริกากลาง คือ ตอนใต้ของประเทศเม็กซิโกลงไปถึงประเทศบราซิลซึ่งปลูกมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหาร จากหลักฐานทางโบราณคดี มีการค้นพบเครื่องปั้นดินเผาเป็นรูปหัวมันสำปะหลังที่ประเทศเปรู เครื่องปั้นนี้มีอายุประมาณ 2,500 ปี แสดงว่ามนุษย์เรานั้นรู้จักปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 2,500 ปีมาแล้ว ในสมัยโบราณก่อนที่คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส สำรวจพบทวีปอเมริกาในปี พ.ศ. 2035 มีการปลูกมันสำปะหลังอยู่เฉพาะในเขตร้อนของทวีปอเมริกาเท่านั้น ส่วนในทวีปแอฟริกาและเอเชียยังไม่มีมันสำปะหลังปลูกเพราะยังไม่มีการติดต่อกัน ต่อมาจึงมีผู้นำมันสำปะหลังจากทวีปอเมริกาไปยังทวีปแอฟริกาและเอเชียตามลำดับ สำหรับการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยนั้น ไม่มีหลักฐานที่แน่นอนว่าได้มีการนำเข้ามาปลูกตั้งแต่เมื่อใด แต่สันนิษฐานกันว่าคงมีผู้นำเข้ามาจากประเทศมาเลเซียแห่งใดแห่งหนึ่ง เพราะคำว่า สำปะหลัง คล้ายกับคำในภาษาชวาตะวันตก ซึ่งเรียกมันสำปะหลังว่า สัมเปอ (sampeu) ซึ่งมีความหมายเหมือนคำ ยุนิคายู ในภาษามาเลย์ ซึ่งแปลว่า พืชที่มีรากขยายใหญ่ นอกจากนี้มันสำปะหลังยังมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามท้องถิ่นต่าง ๆ เช่น ทางภาคเหนือเรียกว่าต้าวน้อย, ต้าวบ้าน ทางภาคใต้ เรียกว่า มันต้น มันไม้ มันหิ่ว (พังงา) (ดนัย ศุภาหาร, 2537)

การปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าครั้งแรกในประเทศไทยนั้นปลูกในภาคใต้ โดยปลูกระหว่างแถวต้นยางพาราขนาดเล็ก และส่งผลิตผลที่ได้ไปจำหน่ายโรงงานทำแป้ง และโรงงานทำสาคูขนาดเล็กชั่วคราว แต่การปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าในภาคใต้นั้นค่อย ๆ หมดไป เพราะปลูกกันในระหว่างแถวยางพาราและพืชยืนต้นอื่น ๆ ปลูกได้ 4-5 ปี ต้นยางพาราก็โตคลุมพื้นที่หมดไม่สามารถปลูกมันสำปะหลังได้อีกต่อไป สำหรับการปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าแพร่หลายในปัจจุบันนี้ เริ่มมาตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เพราะในระยะนั้นประเทศญี่ปุ่นขาดวัตถุดิบ และได้เริ่มสั่งซื้อแป้งมันสำปะหลังจากประเทศไทย เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2491 ในขณะที่สภาพภูมิประเทศริมฝั่งทะเลภาค

ตะวันออกของประเทศไทย คือ จังหวัดชลบุรีและระยอง มีลักษณะเป็นเนินเขาลาดเอียง ดินเป็นดินทราย ไม่มีแม่น้ำใหญ่ที่จะทำการชลประทานได้ พื้นที่ดังกล่าวไม่เหมาะแก่การทำนาและพืชไร่ชนิดอื่นชาวบ้านจึงเริ่มปลูกมันสำปะหลังกัน ปรากฏว่าการปลูกมันสำปะหลังได้รับผลดี จนกลายเป็นอาชีพที่แพร่หลายอย่างรวดเร็ว นอกจากญี่ปุ่นซึ่งเป็นลูกค้าประจำแล้ว ในเวลาต่อมาประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศเพื่อบ้านของไทย ก็ได้สั่งแป้งมันสำปะหลังจากไทย จึงทำให้โรงงานแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นและทันสมัยขึ้น ควบคู่ไปกับพื้นที่ปลูกที่ขยายออกไปมากยิ่งขึ้น ซึ่งกล่าวได้ว่าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง ทำให้มีการปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าในระยะแรก แต่อุตสาหกรรมแป้งเพื่อส่งออกมิได้มีการเปลี่ยนแปลงมากมาย เหมือนกับการส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์

การใช้ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อการเลี้ยงสัตว์เริ่มปริมาณปี พ.ศ. 2499 สมัยนั้นมีชาวเยอรมันทดลองนำเอาขี้แป้ง (waste meal) ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากการทำแป้งมันสำปะหลังไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ผลเป็นที่พอใจคุ้มกับราคา แต่ขี้แป้งซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำแป้งมันสำปะหลังมีไม่มากพอกับความต้องการของตลาดยุโรป จึงมีผู้ริเริ่มเอาหัวมันสำปะหลังสดมาหั่นเป็นชิ้น ๆ นำมาตากแห้งและบดด้วยหินบดข้าวเป็นมันป่น ปรากฏว่ามันป่นที่ได้จากการบดหัวมันสำปะหลังนี้ เป็นที่นิยมของโรงงานอาหารสัตว์ในยุโรป ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2500 ได้มีผู้นำเอากากมันสำปะหลังที่ทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมาผสมปนรวมกันเรียกว่า กากมันป่น (residue meal) ในราวปี พ.ศ. 2503 -2504 เป็นสินค้าที่ขายดี ปรากฏว่ามีผู้ปลอมปนมันสำปะหลังป่นกันมากขึ้น โดยผสมกับดิน ทราย แกลบ ขี้เลื่อยมาบดปนลงไปบ้าง ผู้ซื้อในยุโรปจึงหันมาซื้อมันเส้น (chips) แทน มันเส้นทำได้โดยนำหัวมันสำปะหลังสดมาโม่เป็นชิ้น ๆ แล้วตากแดดให้แห้ง ระยะนั้นชาวชลบุรีได้คิดเครื่องทำมันเส้นขึ้นแล้ว การส่งมันเส้นออกจำหน่ายในยุโรปจึงดำเนินเรื่อยมาจนกระทั่งปี พ.ศ. 2510 -2511 ได้มีบริษัทสั่งเครื่องอัดเม็ดมาจากต่างประเทศเพื่อทำมันสำปะหลังอัดเม็ด (pellets) โดยใช้มันเส้นเข้าเครื่องอัดออกมาเป็นแท่งเหมือนแท่งชอล์ก เพื่อใช้ส่งออกขายแทนมันเส้นซึ่งมีน้ำหนักเบา เปลืองเนื้อที่บรรทุกในระวางเรือมาก เสียค่าขนส่งสูง และต่อมาวิศวกรไทยได้สร้างเครื่องอัดเม็ดเลียนแบบของต่างประเทศเป็นผลสำเร็จ และใช้ได้ดีทั้งราคาถูกว่าสั่งจากต่างประเทศปัจจุบันเครื่องอัดเม็ดในโรงงานมันสำปะหลังอัดเม็ดส่วนใหญ่เป็นเครื่องอัดเม็ดที่ทำขึ้นในประเทศไทย เมื่อความต้องการมันสำปะหลังอัดเม็ดในยุโรปเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ที่ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังไม่พอกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจึงได้แผ่ขยายไปยังส่วนอื่น ๆ ของประเทศอย่างรวดเร็ว ทั้งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ แต่พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ขยายไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยเพิ่มจาก 4 แสนไร่เศษ ในปี พ.ศ. 2503 เป็นมากกว่า 7 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2551 (ไพฑูรย์ พงศะบุตร, 2548)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง

รากหรือหัว (root or tuberous root) ระบบรากเป็นแบบรากฝอย (fibrous root system) รากเกิดจากข้อของลำต้นที่ใช้ปลูก และขยายใหญ่เป็นหัว (thickened root) หัวมันสำปะหลังเมื่อตัดตามขวางมีส่วนประกอบ ดังนี้ เปลือกชั้นนอก (periderm) เป็นชั้นของเซลล์ผิวชั้นนอก (epidermal cell) และชั้นของคอร์ก (cork layer) รวมกัน, เปลือกชั้นใน (cortical region) เป็นส่วนของคอร์เทกซ์ (cortex) และกลุ่มโฟลเอ็ม (phloem bundle) เปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นใน เรียกรวมกันว่า peel, ส่วนสะสมแป้งหรือไส้กลาง (starchy flesh หรือ central pith) ประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma cell) กลุ่มท่อน้ำ (xylem bundle) และท่อน้ำยาง (latex tube) หลังจากปลูกแล้วประมาณ 2 เดือนรากจะเริ่มสะสมแป้งและมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุ เรียกว่า หัว จำนวนหัว รูปร่าง ขนาด และน้ำหนัก แตกต่างกันไปตามพันธุ์

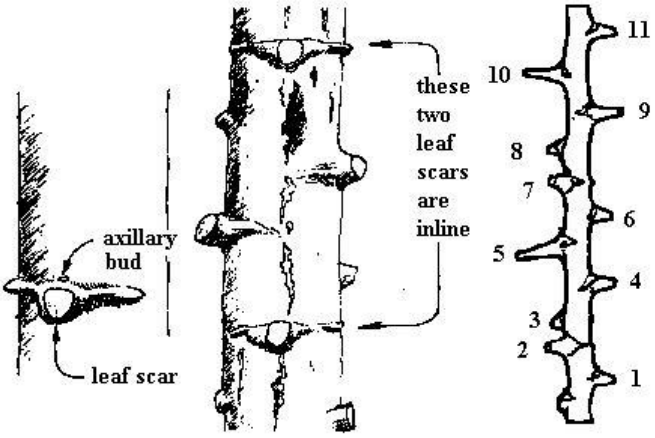
ลำต้น (stem) มีลักษณะตั้งตรง เป็นไม้เนื้อแข็ง สูง 1-5 เมตร มีการแตกกิ่ง กิ่งที่แตกจากลำต้นหลักเรียกว่า กิ่งชุดแรก (primary branch) และกิ่งที่แตกจากกิ่งชุดแรกเรียกว่า กิ่งชุดที่สอง (secondary branch) มันสำปะหลังจะแตกกิ่งเป็นแบบ 2 กิ่ง (dichotomous branching) หรือ 3 กิ่ง (trichotomous branching) บนลำต้นจะเห็นรอยของก้านใบที่หลุดร่วงไปเรียกว่า รอยแผลใบ (leaf scar) ระหว่างรอยแผลใบเรียกว่า ความยาวของชั้น (storey length) เหนือรอยแผลใบมีตา (bud) สีของลำต้นบริเวณใกล้ยอดจะมีสีเขียว ส่วนที่ต่ำลงมาจะมีสีแตกต่างกันไปตามลักษณะพันธุ์เช่น สีเงิน สีเหลือง สีน้ำตาล

ใบ (leaf) เป็นใบเดี่ยว (simple leaf) เกิดเวียนสลับรอบลำต้น (spiral) มีการจัดเรียงตัว (phyllotaxy) เท่ากับ 2/5 แผ่นใบเว้าลึกเป็นแฉก (lobe) แบบ palmate ใบมีก้านใบ (petiole) ที่โคนก้านใบติดกับลำต้นมีหูใบ (stipule)

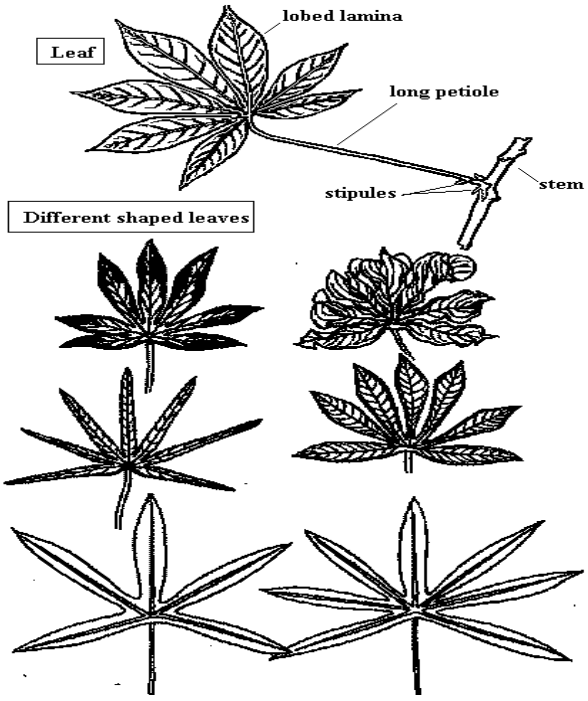
ดอก (flower) มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีช่อดอก (inflorescence) ตัวผู้ (staminate flower) และช่อดอกตัวเมีย (pistillate) อยู่บนต้นเดียวกัน แต่อยู่คนละตำแหน่ง จัดเป็นพืชชนิด monoecious plant ช่อดอกเป็นแบบ panicle และเกิดที่จุดที่แตกกิ่งที่ยอดของต้น (apical branch) ดังนั้นพันธุ์ที่ไม่มีการแตกกิ่งจึงไม่มีช่อดอก ดอกตัวผู้มีก้านดอก (pedicel) กลีบเลี้ยง (sepal) 5 อัน สีของกลีบเลี้ยงมีตั้งแต่ สีขาว ส้ม เขียว แดง และม่วง แต่ไม่มีกลีบดอก (petal) แต่ละดอกมีเกสรตัวผู้ (stamen) 10 stamen จัดเรียงกันเป็น 2 วง วงในมี 5 stamen และมีก้านเกสรตัวผู้ (filament) สั้น วงนอกมี 5 stamen มีก้านเกสรตัวผู้ยาวกว่าวงใน มีอับละอองเกสรตัวผู้ (anther) ส่วนดอกตัวเมีย มีก้านดอก มีกลีบเลี้ยง 5 อัน ไม่มีกลีบดอก เกสรตัวเมีย (pistil) ประกอบด้วยรังไข่ (ovary) 3 คาร์เพล (carpel) มีสีตั้งแต่ สีขาว ส้ม เขียว แดง และม่วง แต่ละคาร์เพลมี 1 ออวุล (ovule)

ผลและเมล็ด (fruit and seed) ผลเป็นแบบ capsule ใน 1 ผลมี 1 เมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาลลายดำ คล้ายเมล็ดละหุ่ง รอยของก้านออวุลที่เหลืออยู่ (raphe) มีลักษณะเป็นสันนูนขึ้นทางด้านหนึ่งของ

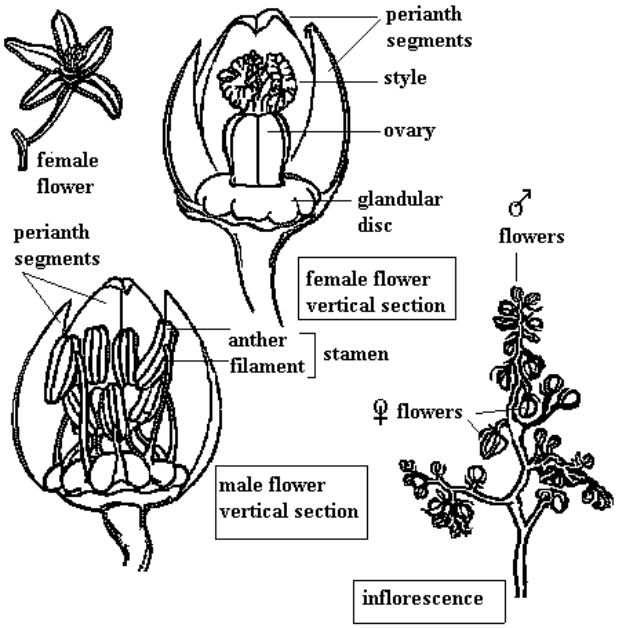
เมล็ด ด้านล่างของเมล็ดมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ (caruncle) มีสีขาว ชมพู หรือม่วง (รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, 2546)



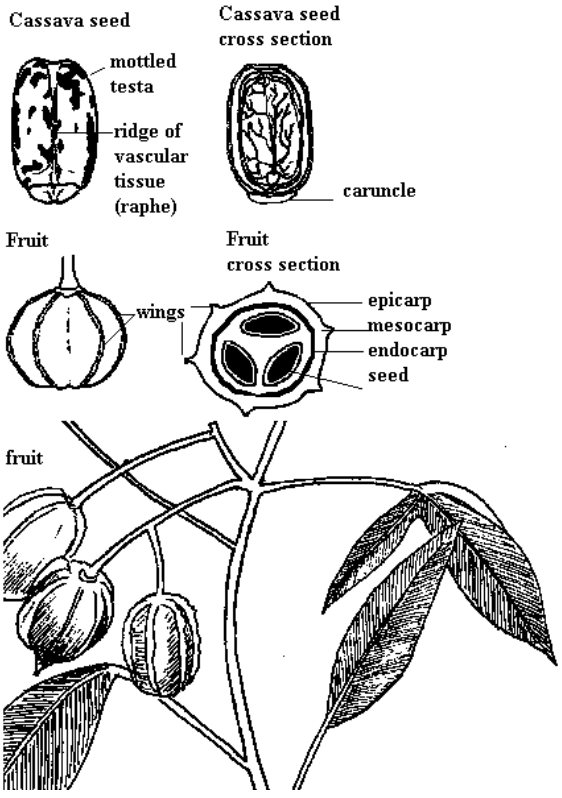
ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของลำต้น (Okeke, 1980)



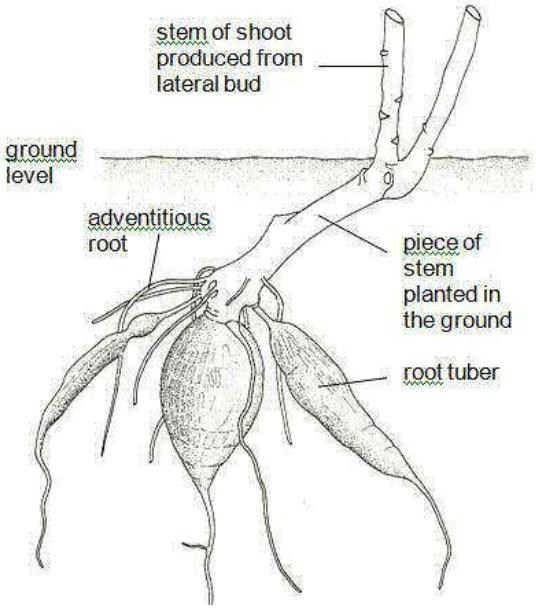
ภาพที่ 2.2 ลักษณะภายนอกและรูปร่างต่าง ๆ ของใบมันสำปะหลัง (Okeke, 1980)



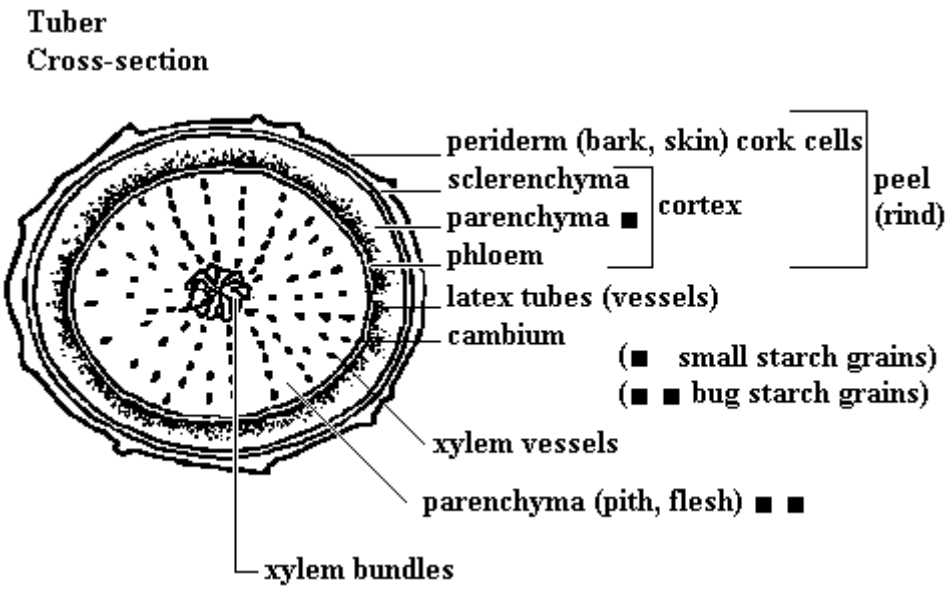
ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของดอกตัวเมียและดอกตัวผู้ของมันสำปะหลัง (Okeke, 1980)



ภาพที่ 2.4 ลักษณะภายในและภายนอกของผลมันสำปะหลัง (Okeke, 1980)



ภาพที่ 2.5 ลักษณะภายนอกของรากหรือหัวมันสำปะหลัง (Rickard and Gahan, 1983)



ภาพที่ 2.6 ลักษณะภายในของหัวมันสำปะหลังหั่นตามขวาง (Okeke, 1980)

2.2 ชนิดและพันธุ์มันสำปะหลัง (อัจฉรา ลิ่มศิลา และจรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา, 2537; อัศจรรย์ สุขธำรง และคณะ, 2549; มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2543; กรมวิชาการเกษตร, 2551)

มันสำปะหลังที่ปลูกในแหล่งปลูกทั่วโลกและในประเทศไทย แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

2.2.1 ชนิดหวาน (Sweet type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ มีรสขมน้อยนิยมใช้เป็นอาหารของมนุษย์ มีทั้งชนิดเนื้อร่วน นุ่มและชนิดเนื้อเหนียวแน่น ในประเทศไทยไม่มีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ เนื่องจากมีตลาดจำกัด ในประเทศไทยมี 3 พันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ มันสวน มันห้านาทีหรือก้านแดง และระยอง 2 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุงขึ้นจากการนำเมล็ดลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ Mcol 113 กับพันธุ์ Mcol 22 ที่ศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (CIAT) ประเทศโคลัมเบีย

2.2.2 ชนิดขม (Bitter type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์สูง เป็นพิษและมีรสขมจัด ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์หรือใช้หัวมันสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง แต่เนื่องจากมีปริมาณแป้งสูง จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ เช่น แป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด และแอลกอฮอล์ และบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ (bio-plastics) นอกจากนี้การแปรรูปเป็นอาหารโดยใช้ความร้อน เช่น ตากแดด เผาและต้ม ก็จะทำให้ไซยาไนด์แตกตัวหมดไป สามารถทำให้รสขมลดลงหรือหมดไป พันธุ์มันสำปะหลังในกลุ่มนี้ ได้แก่ ระยอง 1, ระยอง 3, ระยอง 5, ระยอง 7, ระยอง 9, ระยอง 60, ระยอง 72, ระยอง 90, ศรีราชา 1, เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 พันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุดได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60, ระยอง 7, ระยอง 9 และสายพันธุ์ CMR43-08-89 มีรายละเอียดดังนี้

พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 1 และพันธุ์ระยอง 90 เกิดจากการพัฒนาพันธุ์ร่วมกันโดยนักวิชาการจาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรมวิชาการเกษตร และศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT) แนะนำให้เกษตรกรปลูก เนื่องในวาระครบรอบ 50 ปี ของการก่อตั้งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ พ.ศ. 2536

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้นสีเขียวเงิน ต้นโค้งเล็กน้อย ความสูงต้นเฉลี่ย 180-250 เซนติเมตร แตกกิ่งระดับแรกที่ความสูง 80-150เซนติเมตร ยอดอ่อนสีเขียว ใบสีเขียวอมม่วง หัวเรียวยาวมีขนาดสม่ำเสมอ เปลือกหัวสีน้ำตาล เนื้อสีขาว ผลผลิตเฉลี่ย 3.6-4.0 ตันต่อไร่ ต้นพันธุ์มีความงอกดี สามารถเก็บไว้ได้นาน 30 วัน หลังจากตัดต้น มีความแข็งแรงปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้กว้าง ทนโรคและแมลง การปฏิบัติงานดูแลรักษาง่าย ผลผลิตสูงมีคุณภาพดี คือ มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง ข้อจำกัดของ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีน้อย ที่พบคือ ในบางพื้นที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีการแตกกิ่งที่มีลักษณะลำต้นโค้งและกิ่งทำมุมกว้าง จะทำให้ไม่สะดวกในการปฏิบัติดูแลรักษาและเก็บเกี่ยว ส่วนใหญ่ไม่พบการติดดอกผลภายใน

1 ปี ดอกและผลไม่ดก ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3.67 ตันต่อไร่ มีแป้ง 23.3% หรือมีน้ำหนักแห้ง 35.4%ในฤดูฝน ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 0.87 ตันต่อไร่ หรือให้ผลผลิตมันแห้งเฉลี่ย 1.32 ตันต่อไร่ มีความต้านทานโรคใบไหม้ปานกลาง

พันธุ์ห้วยบง 60 เป็นพันธุ์มันสำปะหลังที่พัฒนาโดยความร่วมมือของนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย พันธุ์ใหม่นี้เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ระยอง 5 และเกษตรศาสตร์ 50 ตั้งแต่ พ.ศ. 2534 โดยมีรหัสชื่อเดิมคือ สายพันธุ์ MKUC 34-114-206 และเข้าสู่ขบวนการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการคัดเลือกพันธุ์ตั้งแต่ พ.ศ. 2535-2540 และทำการทดสอบพันธุ์ใน พ.ศ. 2541-2544 พันธุ์นี้ได้รับพระราชทานชื่อพันธุ์ว่า "ห้วย-บง 60" จากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี องค์พระราชูปถัมภ์ของมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2546

ลักษณะประจำพันธุ์

มีลำต้นสีเขียวเงิน ก้านใบสีเขียวอมม่วง และเนื้อหัวมีสีขาว ส่วนเปลือกหัวมีสีน้ำตาล มีลักษณะใกล้เคียงกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 แต่แตกต่างกันคือ ยอดจะมีสีม่วงอ่อนกว่า ไม่มีขนอ่อน ก้านใบเขียวอมม่วงและแตกกิ่งมากกว่า โดยเฉลี่ยแล้วจะแตกกิ่งแรกที่ความสูงระดับ 90-40 เซนติเมตร ความสูง 180-250 เซนติเมตร ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5.75 ตันต่อไร่ โดยมีปริมาณแป้งในหัวเฉลี่ย 25.4% และมีปริมาณแป้งในหัวสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อยู่เล็กน้อย นอกจากนั้นพันธุ์ ห้วยบง 60 ยังมีเสถียรภาพของผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสูง สามารถสกัดแป้งจากหัวสดได้มาก แป้งมีสีขาวและมีความหนืดสูง เหมาะสมกับอุตสาหกรรมแป้ง นอกเหนือไปจากนั้นยังเป็นพันธุ์ที่งอกดี ลำต้นสูงใหญ่ สามารถคลุมวัชพืชได้ดี

พันธุ์ระยอง 7 ได้จากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ CMR30-71-25 กับพันธุ์ OMR29-20-118 ในปี 2535 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตรพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรอง ในปี 2548

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน ต้นตั้งตรง ไม่โค้งงอ ไม่แตกกิ่ง เมื่ออายุ 1 ปี สูง 183 เซนติเมตร มีจำนวนลำต้นที่แตกจากท่อนปลูกมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ ก้านใบสีเขียวอ่อน แฉกใบกลางเป็นรูปใบหอก ใบและยอดอ่อนสีเขียวอ่อน หัวสีครีม เนื้อของหัวสีขาว ไม่มีก้านหัว เป็นพันธุ์สำหรับปลูกปลายฤดูฝนเนื่องจากงอกเร็ว และมีความอยู่รอดสูง ให้ผลผลิตหัวสดสูงถึง 6.08 ตันต่อไร่ มีปริมาณแป้งสูง แต่ถ้าปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและกระทบภาวะแล้งยาวนาน หลังจากได้รับน้ำฝนอีกครั้ง จะเกิดการแตกตาตามลำต้นมากกว่าในสภาพปกติ ทำให้ได้ปริมาณท่อนพันธุ์ที่จะนำไปปลูกลดลง นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังติดท้ายแทรกเตอร์ หรือเครื่องขุดด้วยมือ เนื่องจากไม่มีก้านของหัว และมีจำนวนหัวมาก

พันธุ์ระยอง 9 ได้จากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง 2 สายพันธุ์ คือ

CMR 31-19-28 และ OMR 29-20-118 ผสมพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองประเมินศักยภาพของพันธุ์ในพื้นที่ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างปี 2535-2542 กรมวิชาการเกษตรพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรอง ในปี 2549

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้นสีน้ำตาลอมเหลือง ปกติไม่ค่อยแตกกิ่ง เมื่ออายุ 1 ปี สูง 235 เซนติเมตร แตกกิ่งน้อยอยู่ในระดับ 1-2 กิ่งความสูงที่แตกกิ่ง 160-190 เซนติเมตร มุมของกิ่ง 45-60 องศา ทรงต้นดี สูงตรง ได้ท่อนพันธุ์สำหรับขยายพันธุ์ได้มาก ก้านใบสีเขียวอ่อนอมชมพูมีความยาว 25-30 เซนติเมตร แฉกใบกลางเป็นรูปใบหอก ใบและยอดอ่อนสีเขียวอ่อน หัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อของหัวสีขาว ผลผลิตแป้ง 1.24 ตันต่อไร่ และผลผลิตมันแห้ง 2.11 ตันต่อไร่ เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการใช้ทำเอทานอล เนื่องจากมีแป้งสูง เมื่ออายุเก็บเกี่ยว 8, 12 และ 18 เดือน ให้เอทานอล 191, 208 และ 194 ลิตรต่อตันหัวสดตามลำดับ ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 1 ปี เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงแต่สะสมน้ำหนักช้า การเก็บเกี่ยวเร็วจะให้ผลผลิตหัวสดต่ำกว่าพันธุ์มาตรฐานอื่น ๆ

สายพันธุ์CMR 43-08-89 ผสมขึ้นเมื่อปี 2543 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อยู่ในช่วงประเมินศักยภาพของพันธุ์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลักษณะประจำพันธุ์

ลำต้นสีเขียว ต้นตั้งตรงใช้ทำพันธุ์ได้มาก ทำมุมระหว่างต้นแคบ แตกกิ่งที่ระดับ 2 เมตรทำให้เข้าทำงานในแปลงได้ง่าย ใบสีเขียวเข้ม ใบอ่อนสีเขียวใบดกหนาข่มวัชพืชได้ดี เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อสีขาว หัวดก ผลผลิตสูงมาก ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยจากแปลงทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 15.20 ตัน/ไร่ โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้ง 22.50% ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่น (อัศจรรย์ สุขธำรงและคณะ, 2549) รายละเอียดพันธุ์มันสำปะหลังอื่น ๆ แสดงดังตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2

2.3 การปลูกมันสำปะหลัง

ในสภาพของประเทศไทย มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดปี ปลูกได้ในดินทั่วไปตั้งแต่ดินเหนียวถึงดินทรายแต่จะให้ผลผลผิตสูงในดินเนื้อหยาบ และดินร่วนซุยที่มีการระบายน้ำได้ดี ไม่เหมาะกับดินที่ชื้นแฉะ เพราะหัวมันจะเน่าเสียได้ง่ายและมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง นิยมเตรียมดินด้วยการไถ 2 ครั้ง ด้วยผาน 3 และผาน 7 ไถลึกประมาณ 8-12 นิ้ว ใช้ส่วนของลำต้นที่มีอายุในช่วง 8-12 เดือนมาตัดเป็นท่อนพันธุ์ จะมีเปอร์เซ็นต์อยู่รอดสูงเมื่อปลูกอย่างประณีต ขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ประมาณ 20-25 เซนติเมตร มีจำนวนตาประมาณ 10 ตาขึ้นไปต่อ 1 ท่อน มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ตั้งแต่ระยะ 60×60 เซนติเมตร จนถึง 120×120 เซนติเมตร โดยระยะ 100×100 เซนติเมตร จะมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าระยะอื่น ๆ โดยการปลูกแบบปักตรง

หรือเฉียงเล็กน้อยจะให้ผลดีกว่าการปลูกแบบนอน เนื่องจากมันสำปะหลังจะงอกได้เร็วกว่าและสม่ำเสมอกว่า สะดวกต่อการปลูกซ่อม และกำจัดวัชพืช โดยปักลึกลงไปในดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร มันสำปะหลังเป็นพืชที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงเมื่อเทียบกับพืชไร่อื่น ๆ จึงต้องการธาตุอาหารจากดินในปริมาณสูง ดังนั้นการปลูกมันสำปะหลังจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อการให้ผลผลิตที่ดีและรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินให้คงอยู่ยั่งยืน การกำจัดวัชพืชเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก เนื่องจากทำให้ผลผลิตลดลง 25-50% การกำจัดวัชพืชควรทำอย่างน้อย 2 ครั้ง คือ เมื่อมันสำปะหลังมีอายุได้ 30 และ 60 วัน ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2550)

2.4 การเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ไม่จำกัดอายุการเก็บเกี่ยวแต่ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 8 เดือนขึ้นไป อายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ 12 เดือน ควรเก็บเกี่ยว เมื่อรากฝอยรอบหัวมีน้อย หรือไม่มีเลย หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วควรรีบส่งโรงงานโดยเร็ว ไม่ควรทิ้งเกิน 4 วันเพราะหัวมันจะเน่าเสีย (กรมวิชาการเกษตร, 2551) และไม่ควรเก็บเกี่ยว เมื่อต้นมันเริ่มมีการเจริญเติบโตรอบใหม่ (หลังฝนตก 1-2 เดือน) หรือในระยะแล้ง มันสำปะหลังทิ้งใบเกือบหมด ดินแห้งจัด (อัศจรรย์ สุขธำรงและคณะ, 2549)

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในมันสำปะหลัง

2.5.1 สภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และ แสง เป็นต้น

2.5.2 ต้นพันธุ์และท่อนพันธุ์ที่ใช้ การใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่มีคุณภาพดีจะช่วยให้มันสำปะหลังแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

2.5.3 สมบัติของดินที่เหมาะสม ได้แก่ ความร่วนซุยของดิน ปฏิกิริยาความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

2.5.4 การจัดการ เช่น การปรับปรุงดินและการเตรียมดินอย่างถูกวิธี การเลือกช่วงเวลาปลูกที่เหมาะสม การปลูกอย่างประณีตโดยใช้ระยะการปลูกอย่างเหมาะสม และการใส่ปุ๋ยให้เพียงพอและสมดุล เป็นต้น (อัศจรรย์ สุขธำรงและคณะ, 2549)

2.5.5 พันธุ์ พันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวไม่เท่ากัน พันธุ์ระยอง 90 มีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุด รองลงมาคือพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ระยอง 5 ระยอง 72 และระยอง 60 ตามลำดับ

2.5.6 ฤดู ช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน–มีนาคม) ความชื้นในดินเริ่มน้อยลง ต้นมันสำปะหลังหยุดการเจริญเติบโต ทิ้งใบ น้ำในหัวมีน้อยเปอร์เซ็นต์แป้งจึงสูง แต่ในฤดูฝน (เมษายน-ตุลาคม) อากาศร้อนจัดและเริ่มมีฝน มันสำปะหลังใช้พลังงานมากเพื่อการหายใจและสร้างใบใหม่ แป้งที่สะสมไว้ในหัวจึงถูกนำไปใช้ทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งลดลง

2.5.7 อายุ เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 8-12 เดือน จะมีเปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อ

มันสำปะหลังมีอายุมากขึ้น 16-18 เดือน หัวจะมีขนาดใหญ่ แต่เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวจะต่ำกว่า

2.5.8 การตัดต้นก่อนเก็บเกี่ยว เมื่อมีการตัดต้นมันสำปะหลังโดยยังไม่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจะมีการแตกยอดและใบใหม่ จึงดึงแป้งที่สะสมในหัวมันไปใช้ทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งลดลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในช่วง 2 เดือนแรกหลังการตัดต้นไป ต่อเมื่อเข้าเดือนที่ 3 มีใบมากพอแล้วจะสังเคราะห์แสงสร้างแป้งไปสะสมที่หัวได้อีกครั้งหนึ่ง

2.5.9 ระยะเวลาหลังเก็บเกี่ยว หลังจากขุดหัวมันสำปะหลังแล้วควรรีบนำส่งโรงงานทันทีในระยะ 2 วันแรกหัวมันยังไม่เน่าเสียและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวยังไม่ลดลงแต่ถ้าปล่อยทิ้งไว้เกิน 4 วัน หัวมันสำปะหลังจะเน่าเสียมากและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวจะลดลง (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

2.6 ประโยชน์ของมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลัง สามารถใช้เป็นอาหารมนุษย์ โดยรับประทานสด ต้ม นึ่ง ย่าง อบ เชื่อม ทำเป็นแป้งแล้วแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ ตลอดจนนำมาผ่านเป็นแผ่นบาง ๆ แล้วทอด และสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ ทั้งที่เป็นหัวสด กากที่เหลือจากการทำแป้ง เปลือกของหัว นอกจากนี้ยังนิยมใช้ใบสด หรือใบตากแห้งป่นผสมกับอาหารข้นเพื่อนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ หรือตัดส่วนยอดลำต้นผสมกับใบสดใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ตากแห้งเป็นอาหารหยาบ ส่วนเมล็ดของมันสำปะหลังใช้สกัดน้ำมันที่มีคุณภาพดีสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาได้ ในด้านของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก มันสำปะหลังที่ผลิตได้ส่งออกร้อยละ 60 จำแนกเป็นแป้งมันร้อยละ 40 มันเส้นร้อยละ 13 และมันอัดเม็ดร้อยละ 7 โดยมันเส้นและมันอัดเม็ดนิยมใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนแป้งใช้เป็นอาหารมนุษย์ อาหารทารก เป็นเครื่องปรุงอาหารหลายชนิด ใช้ทำวุ้นเส้น ทำเบียร์ หรือใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เป็นตัวทำให้เป็นผงฝุ่นใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมซักรีด อุตสาหกรรมทำกาว กระดาษ แป้งเปียก แอลกอฮอล์ อะซีโตน ยา กลูโคส และแป้งแปรรูป อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เช่น ผงชูรส ไลซีน สารความหวาน (กลูโคส, เดกซโตรส และซอบิทอล) สารดูดน้ำในผ้าอ้อมสำหรับเด็กและผู้ใหญ่ นอกจากนี้แอลกอฮอล์ที่ผลิตจากมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ที่เรียกว่า ก๊าซโซฮอล์ (gasohol) และบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (bio-plastics)

2.7 ลักษณะและองค์ประกอบของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังสามารถแบ่งองค์ประกอบทางกายภาพเป็น ใบ 6% โดยน้ำหนัก ลำต้น 44% รากหรือหัว 50% (ประกอบด้วยน้ำ 11% เปลือก 8% และแป้ง 33%) หัวมันสำปะหลังสดมีน้ำอยู่ระหว่าง 60-65% มีปริมาณแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตประมาณ 20-30% แต่มีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยมาก (ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, 2537) ลักษณะที่สำคัญของการใช้ประโยชน์มันสำปะหลังในระดับ

อุตสาหกรรม คือองค์ประกอบที่มีอยู่ในหัวมันสำปะหลัง องค์ประกอบส่วนใหญ่ในหัวมันสำปะหลังนอกจากน้ำแล้ว ก็คือ คาร์โบไฮเดรต (ปริมาณแป้ง) ปริมาณไซยาไนด์ ปริมาณเปลือก (เยื่อใย) และสารประกอบที่ทำให้เกิดสีในเนื้อแป้ง

2.7.1 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) องค์ประกอบของหัวมันสำปะหลัง 3 ใน 4 ส่วนจะเป็นน้ำ ส่วนที่เหลือเป็นของแข็งส่วนใหญ่ คือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีอยู่ทั้งส่วนที่เป็นแป้งและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง เช่นน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สามารถละลายน้ำได้ และเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน ลิกนิน เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ เป็นองค์ประกอบอยู่ในส่วนของผนังเซลล์ที่มีอยู่ในปริมาณและอัตราส่วนที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ ส่วนของลำต้น และอายุของพืช (ลัดดาวัลย์ เนียมฟัก, 2544) เมื่อมันสำปะหลังมีอายุประมาณ 2 เดือนจะเริ่มสะสมอาหารในรูปแป้ง แป้งมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว ลักษณะเด่นของแป้งมันสำปะหลังคือ มีความบริสุทธิ์สูง มีสิ่งปนเปื้อนต่ำ โดยจะมีสตาร์ช (Starch) อยู่มากกว่าร้อยละ 95 และมีปริมาณโปรตีนและไขมันมันอยู่ค่อนข้างต่ำ (<1%) มีฟอสฟอรัสน้อยกว่า 0.04% องค์ประกอบของเม็ดแป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิดคือ อะมิโลส (amylose) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น (Chain length polymer) ที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glocosidic linkage) และอะมิโลเพคติน (amylopectin) เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (Branched polymer) ของกลูโคส มีส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์สายสั้น แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสค่อนข้างต่ำคือ 18-23 % จึงมีกำลังการพองตัวที่ดี เมื่อได้รับความร้อนจะให้ความหนืดสูง เกิดการคืนตัวต่ำและให้ลักษณะแป้งเปียกที่ใส ไม่ทึบแสงเมื่อเทียบกับแป้งชนิดอื่น ๆ เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพด แป้งสาลี จึงจำเป็นต้องดัดแปรแป้งเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวของแป้งเปียกเพื่อนำไปใช้เป็นสารให้ความหนืด (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

2.7.2 ไซยาไนด์ (Cyanide) ไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลังเป็นสารพิษตามธรรมชาติในรูปของสารประกอบไซยาโนจินิค กลูโคไซด์ (cyanogenic glucoside) หรือ bound cyanide ที่สามารถสลายได้ด้วยเอนไซม์ เกิดเป็นสารประกอบ non cyanogenic glucoside ซึ่งประกอบด้วย cyanohydrin และไซยาไนด์อิสระ (free cyanide) โดยมันสำปะหลังที่ปลูกมากในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดที่มีปริมาณไซยาไนด์สูงประมาณ 210 ไมโครกรัมต่อกรัมหัวมันสด (สุนีย์ โชตินีรนาท และคณะ, 2548) ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไซยาไนด์ในหัวมันจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุในการเก็บเกี่ยว สภาพดินและสภาวะที่ใช้ในการปลูก เป็นต้น (Aalbersberg and Limalevu, 1991) มันสำปะหลังจำแนกตามปริมาณไซยาไนด์ได้กว้าง ๆ แบ่งเป็น 3 กลุ่มตามระดับความเป็นพิษดังนี้ มันสำปะหลังที่ไม่เป็นพิษ มีปริมาณไซยาไนด์ น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหัวมันสด, มันสำปะหลังที่เป็นพิษปานกลาง มีปริมาณไซยาไนด์ ระหว่าง 50-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหัวมันสด และมันสำปะหลังที่เป็นพิษมาก มีปริมาณไซยาไนด์มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหัวมันสด (Coursey, 1979; Ameny, 1990)

จากการทดลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไซยาไนด์และการเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว (Post-harvest Physiology Deterioration: PPD) พบว่ามันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์สูงมีอัตราการเกิดการเสื่อมสภาพสูงกว่ามันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ (Zidenga et al., 2006)

2.7.3 ปริมาณเปลือก (Peel) ปริมาณเปลือกและความหนาของเปลือก ถึงแม้ว่าจะมีประโยชน์ในการขนส่ง ทนทานต่อการสูญเสียระหว่างการเก็บเกี่ยว แต่ถ้ามีปริมาณเปลือกและเยื่อใยมากก็จะมีความสามารถจับปริมาณแป้งไว้ได้มากขึ้น ลดประสิทธิภาพการสกัดแป้งลง ซึ่งอาจทำให้ต้องเพิ่มขั้นตอนการสกัดแป้งเพื่อที่จะสกัดแป้งออกมาให้ได้มากที่สุด เปลือกมันจากโรงงานแป้งนิยมใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดฟาง เพราะได้เห็ดดอกใหญ่และเก็บได้นาน สามารถเพาะได้ทั้งปี (ศูนย์ข้อมูลทางการเกษตร สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552)

2.7.4 สารประกอบที่ทำให้เกิดสีในเนื้อแป้ง (Pigment compounds)หัวมันสำปะหลังจะมีสีเนื้อแตกต่างกันตามพันธุ์ตั้งแต่สีขาว ไปถึงสีเหลือง จากงานวิจัยเกี่ยวกับการลดหรือยืดเวลาการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวในมันสำปะหลัง พบว่าสารสีเหลืองดังกล่าวคือสารประเภทแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลัง (Sánchez et al., 2004) นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดสีในเนื้อมันสำปะหลัง เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic) ลิวโคแอนโทไซยานิน (leucoanthocyanin) และคาเทชิน (cathachin) ซึ่งจะเปลี่ยนรูปไปเป็นแทนนิน (tannin) ทำให้เห็นเป็นสีน้ำเงินและดำ ซึ่งตรวจพบเมื่อเกิดการเสื่อมสภาพของหัวมันสำปะหลังในภาย 1-3 วันและเกิดการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เน่าเสียภายใน 5-7 วัน (Rickard and Gahan, 1983)

2.8 การเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยว (Post-harvest Physiological Deterioration : PPD)

การเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยว เป็นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืชที่ใช้ตอบสนองต่อความเครียด (an abiotic stress-response) สำหรับในหัวมันสำปะหลังเกิดการเสื่อมสภาพจากการชักนำโดยบาดแผลที่เกิดขึ้นขณะเก็บเกี่ยว (Beeching et al., 2002) ซึ่งกระบวนการเกิดการเสื่อมสภาพนี้สรุปได้เป็น 2 กระบวนการคือ primary (physiological) deterioration และ secondary (microbial) deterioration (Booth, 1976)ในหัวมันสำปะหลังการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยว หรือเรียกว่า primary deterioration เกิดขึ้นใน 24-48 ชั่วโมงหลังเก็บเกี่ยว โดยเกิดการอุดตันของท่อลำเลียงบริเวณ xylem parenchyma เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินถึงดำ ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species :ROS) ในเซลล์พืช (Reilly et al., 2004) หลังจากนั้นจุลินทรีย์จะเข้าทำลายทำให้เกิดการเน่าในหัวมันสำปะหลัง (secondary deterio-

ration) ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตผลจากมันสำปะหลังเมื่อนำมาแปรรูป ก่อให้เกิดความเสียหายในทางการค้า (Wenham, 2004) ปัจจุบันมีงานวิจัยจากหลายองค์กรเช่น Centro International de Agricultura Tropical (CIAT) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวในมันสำปะหลังเพื่อนำไปสู่การลดความเสียหายทางเศรษฐกิจ เนื่องจากประเทศแถบละตินอเมริกาบริโภคมันสำปะหลังเป็นอาหารหลัก ได้แก่การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูง เนื่องจากแคโรทีนอยด์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระช่วยลดหรือยืดการเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ และยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในมันสำปะหลังที่ใช้บริโภคและใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

ในปัจจัยต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น น้ำ แสง และธาตุอาหาร จะขาดปัจจัยหนึ่งปัจจัยใดไม่ได้ และหากว่าปัจจัยใดไม่พอเพียงเท่าปริมาณเท่าที่พืชต้องการ ปัจจัยนั้นจะเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2544) จากการศึกษาในเรื่องของการจัดการเรื่องน้ำและปุ๋ยที่เหมาะสมแก่พืช พบว่าการให้ปุ๋ยเพื่อทดแทนธาตุอาหารที่ถูกพืชดูดไปใช้มีผลต่อคุณภาพของผลผลิตและอายุการวางขาย (shelf life) ของผลิตผลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งคุณภาพของผลผลิตนี้นอกจากเรื่องของสี เนื้อสัมผัส ความไวต่อการเกิดโรค และองค์ประกอบของน้ำคั้น (juice composition) แล้ว ยังรวมไปถึงการความผิดปกติทางสรีรวิทยาทั้งก่อนและหลังเก็บเกี่ยวอีกด้วย (Ritenour et al., 2003) ในส้มแมนดาริน “Fortune” ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไวต่ออาการสะท้านหนาว (chilling injury) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าการให้สารละลายแคลเซียมขณะปลูกเลี้ยง 3 ครั้งต่อฤดู ช่วยลดความรุนแรงจากอาการสะท้านหนาวลงได้ (D'aquino et al., 2002)

Sams and Conway (2002) พบว่าการให้แคลเซียมแก่มันฝรั่งอย่างเพียงพอ ช่วยลดการเกิดจุดสีน้ำตาล การเปลี่ยนสีของเนื้อ และปริมาณเส้นใยที่มากเกินไปลง ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้คุณภาพในการนำไปบริโภคและการผลิตเป็นมันฝรั่งแผ่นลดลง นอกจากนี้ยังช่วยลดความไวต่อการเกิด internal brown spot (IBS) จากเชื้อ *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica* ลงได้

Karlsson and Palta (2003) พบว่าการใส่ Calcium nitrate, Urea, Calcium chloride (CUC) ให้แก่มันฝรั่ง สามารถลดการเกิด black-spot bruising ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้หัวมันฝรั่งยกระดับอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นกว่าปกติ เกิดการนิ่มและการเปลี่ยนสีของเนื้อหัวเป็นวง ไวต่อการเข้าทำลายของเชื้อแบคทีเรีย ระหว่างการเก็บรักษาลงได้

นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ขี้เถ้าจากไม้ (wood ash) ซึ่งมีแคลเซียมและแมกนีเซียมประมาณ 2% เป็นองค์ประกอบร่วมกับปุ๋ยคอก สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังได้ถึง 11.39% เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยคอกเพียงอย่างเดียว (Susan et al., 2005) และจากการวิจัย (เรณู ขำเลิศ และอัศจรรย์ สุขธำรง, 2550) พบว่าการใช้หินฝุ่นซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่มีราคาถูก (0.1-0.12

บาทต่อกิโลกรัม) ซึ่งจำเป็นต่อพืช เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก สามารถยกระดับผลผลิตจาก 2-3 ตันต่อไร่ขึ้นสู่ระดับ 6-9 ตันต่อไร่ ซึ่งจากการศึกษาทดลองเบื้องต้นพบว่า หัวมันสำปะหลังที่ได้รับหินฝุ่นเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวช้ากว่าหัวมันสำปะหลังตำรับควบคุม

2.9 หินฝุ่น

คำว่า “หินฝุ่น” เป็นคำภาษาชาวบ้าน หมายถึงเศษหินที่ผ่านตะแกรงร่อน แยกเอาหินเกล็ดออกไปโรยหน้าถนนลาดยาง หรือทำอิฐบล็อก ท่อซีเมนต์ โอ่งซีเมนต์ ฯลฯ ส่วนที่เป็นหินฝุ่นจึงเป็นหินขนาดเล็กปะปนอยู่กับผงหินที่มีลักษณะเป็นฝุ่นหยาบ ๆ ไม่ค่อยมีประโยชน์ในการก่อสร้าง หินฝุ่นที่กล่าวถึงนี้ เป็นหินฝุ่นที่มาจากแหล่งหินปูนในอำเภอปากช่อง และหินฝุ่นที่มาจากแหล่งหินบะซอลต์ในอำเภอโชคชัยและอำเภอหนองบุญมาก ซึ่งหินฝุ่นทั้ง 2 ชนิดนี้มีความแตกต่างกันในด้านองค์ประกอบ

2.10 องค์ประกอบของหินฝุ่น

หินฝุ่นที่มาจากแหล่งหินปูน เป็นหินที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) แตกต่างจากปูนขาวซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของแคลเซียมและแมกนีเซียม (CaO, MgO หรือ $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$) ทำให้หินฝุ่นไม่มีฤทธิ์ด่างจัดเหมือนปูนขาว และอัตราการละลายน้ำ หรืออัตราการแตกตัวในดินจึงค่อยเป็นค่อยไป จึงไม่มีผลกระทบรุนแรงต่อปฏิกิริยาดินและสิ่งมีชีวิตในดินมากนัก แม้จะใส่ลงไปในดินในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าหินปูนฝุ่นมีปริมาณแคลเซียมในระดับ 58.74% แมกนีเซียมในระดับ 1.98% และมีแมงกานีส เหล็ก ทองแดง และสังกะสี ปะปนกันในระดับ 196.85, 1,220.67, 1.98 และ 20.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ส่วนหินฝุ่นที่มาจากแหล่งหินบะซอลต์ เป็นหินที่มีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกา ผลการวิเคราะห์พบว่าหินชนิดนี้มีปริมาณแคลเซียมในระดับ 3.4 % แมกนีเซียมในระดับ 1.73 % ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในปริมาณต่ำ แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่สามารถเป็นประโยชน์ได้ถ้านำมาใช้ในปริมาณที่สูงขึ้น อย่างไรก็ดีหินฝุ่นที่มาจากแหล่งหินบะซอลต์นี้มีธาตุมีแมงกานีส เหล็ก ทองแดง และสังกะสี ปะปนกันในระดับ 1,062.67, 14,618.35, 45.93 และ97.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าหินปูน เมื่อนำมาใช้ร่วมกันอาจช่วยเสริมปริมาณธาตุดังกล่าวให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเพียงพอ ช่วยสร้างสมดุลของธาตุอาหารพืชในดินและในพืชให้ดีขึ้น คือพืชจะใช้ธาตุอาหารอื่น ๆ ในปริมาณที่น้อยลงในการสร้างผลผลิตที่เท่ากันเมื่อมีการใช้หินฝุ่นในปริมาณที่พอเหมาะ นอกจากนี้หินฝุ่นยังช่วยลดความเป็นกรดของดิน ช่วยทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำ

และระบายน้ำดีขึ้น จากการทดลองใช้หินฝุ่นโรยแปลงปลูกดอกเบญจมาศ น้อยหน่า และมะม่วง พบว่าส่งผลดีต่อพืช โดยเบญจมาศมีก้านแข็ง สีสด ดอกใหญ่ สามารถอยู่ได้นาน น้อยหน่ามีผลใหญ่ขึ้น ไม่แตก เปลือกหนา คุณภาพดี ในขณะที่มะม่วงให้ผลผลิตตลอดทั้งปี ในด้านการศึกษาประสิทธิภาพของหินฝุ่นที่มีต่อมันสำปะหลัง โดยการโรยหินฝุ่นอย่างเดียวในบริเวณแปลงทดลองเปรียบเทียบกับการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า การใช้หินฝุ่นอย่างเดียวทำให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น 1-2 ตัน จากผลผลิตปกติ 2.1-2.7 ตันต่อไร่ อีกทั้งหัวมันมีขนาดใหญ่ ปริมาณแป้งมากขึ้น 1-2% (เรณู ขำเลิศ และอัศจรรย์ สุขธำรง, 2550)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยก่อนการเก็บเกี่ยว (pre-harvest) ที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของหัวมันสำปะหลังหลังการเก็บเกี่ยว (post-harvest) โดยมี 2 การทดลองคือ

การทดลองที่ 1 ผลของหินฝุ่นต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ

เป็นการศึกษาอิทธิพลของชนิด สัดส่วน และปริมาณของหินฝุ่นที่มีต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และปริมาณแป้งในมันสำปะหลังสายพันธุ์ต่าง ๆ

การทดลองที่ 2 ผลของหินฝุ่นผสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลัง ในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ

เป็นการศึกษาถึงผลของการใช้หินฝุ่นผสมต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางสรีรวิทยาอื่น ๆ ของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของหัวมันสำปะหลังสด

3.1 อุปกรณ์การทดลอง และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์การทดลอง

3.1.1.1 เครื่องชั่ง Reimann scale

3.1.1.2 เครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1.1.3 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.1.1.4 ตู้อบ (hot air oven)

3.1.1.5 เครื่องบดตัวอย่างพืช (blender)

3.1.1.6 ตู้ดูดความชื้น (desiccator)

3.1.1.7 เครื่องเขย่า (vortex mixer)

3.1.1.8 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (hot water bath)

3.1.1.9 เครื่องวัดการดูดกลืนคลื่นแสงย่านแสงมองเห็น (spectrophotometer)

3.1.1.10 เครื่องช่วยดูดและปรับปริมาตรสารละลาย (micro pipette) ขนาด 100 และ 1,000 ไมโครลิตร

3.1.1.11 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH meter)

3.1.1.12 มีดและเขียง

3.1.1.13 ตะแกรงร่อน 600 เมช (mesh)

3.1.1.14 น้ำกรองบริสุทธิ์ที่ผ่านกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส (reversed osmosis : RO)

3.1.1.15 กระต่ายจีน

3.1.1.16 ถุงกระสอบใส่ตัวอย่างขนาด 30 กิโลกรัม

3.1.1.17 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (vernier caliper)

3.1.1.18 หน้ากากป้องกันสารเคมี

3.1.1.19 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42

3.1.1.20 ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask)

3.1.1.21 บีกเกอร์ (beaker)

3.1.1.22 หลอดทดลอง (test tube)

3.1.1.23 กรรไกรตัดกิ่ง

3.1.1.24 ป้าย และอื่น ๆ

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21

3.1.2.2 หินบะซอลต์ฝุ่น

3.1.2.3 หินปูนฝุ่น

3.1.2.4 กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid)

3.1.2.5 แอลกอฮอล์ (absolute ethyl alcohol)

3.1.2.6 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide หรือ KI)

3.1.2.7 สารละลายอะมิโลส (potato amylase; MW 100,000)

3.1.2.8 ไอโอดีน (iodine)

3.1.2.9 กรดซิตริก (acetic acid)

3.1.2.10 โซเดียมไซยาไนด์ (sodium cyanide)

3.1.2.11 เอนไซม์ลินามาเรส (linamarase (beta-D-Glucosidase))

3.1.2.12 คลอรามีน ที (chloramine T Trihydrate)

3.1.2.13 ไพริดีน (pyridine)

3.1.2.14 ไพราโซโลน (3-methyl-1-phenyl-5-pyrazolone)

3.1.2.15 บีส- ไพราโซโลน (bis-(3-methyl-1-phenyl-5-pyrazolone))

3.1.2.16 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)

3.1.2.17 ไตรโซเดียมฟอสเฟต (trisodium phosphate)

3.2 ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และสถานที่ทำการทดลอง

3.2.1 ประชากร

การทดลองที่ 1 ใช้มันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, พันธุ์ห้วย-บง 60, พันธุ์ระยอง 7, พันธุ์ระยอง 9, สายพันธุ์ CMR 43-08- 89

การทดลองที่ 2 ใช้มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง 60, พันธุ์ระยอง 7, พันธุ์ระยอง 9

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

การทดลองที่ 1 ใช้หัวมันสำปะหลังจากมันสำปะหลังทั้งหมด 24 ต้น ในแต่ละตำรับการทดลอง รวมทั้งสิ้น 168 ต้น

การทดลองที่ 2 ใช้หัวมันสำปะหลังจากมันสำปะหลังทั้งหมด 36 ต้น ในแต่ละตำรับการทดลอง รวมทั้งสิ้น 144 ต้น

3.2.3 สถานที่ทำการทดลอง

3.2.3.1 การทดลองที่ 1 การปลูกมันสำปะหลัง การดูแล และการเก็บตัวอย่าง ดำเนินการที่แปลงปลูกของเกษตรกรในอำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา โดยมีค่าวิเคราะห์ดินดังตารางภาคผนวกที่ 14

การทดลองที่ 2 การปลูกมันสำปะหลัง การดูแล และการเก็บตัวอย่าง ดำเนินการที่แปลงวิจัยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีค่าวิเคราะห์ดินดังตารางภาคผนวกที่ 15

3.2.3.2 ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.3.3 ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 ระยะเวลาทำการทดลอง

การทดลองที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2550 – สิงหาคม 2551

การทดลองที่ 2 เดือนสิงหาคม 2551 – สิงหาคม 2552

ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเดือน กันยายน 2552 – กุมภาพันธ์ 2553

3.4 วิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 ผลของหินฝุ่นต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ

วางแผนการทดลองแบบสปลิต-พลอตแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบลอก (split plot in RCBD) ศึกษา 2 ปัจจัย จำนวน 4 ซ้ำ (blocks) ระยะปลูก 1×1 เมตร พื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณ 4,100 ตารางเมตร main plot คือ พันธุ์มันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, พันธุ์ห้วยบง 60, พันธุ์ระยอง 7, พันธุ์ระยอง 9 และสายพันธุ์ CMR43-08- 89 subplot คือ หินฝุ่น มี 7 ตำรับการทดลอง คือ

T 1 = ไม่ใส่ปุ๋ยและหินฝุ่น (ตำรับควบคุม)
T 2 = ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว
T 3 = ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่
T 4 = ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่
T 5 = ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่
T 6 = ใส่หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่
T 7 = ใส่หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่

โดยหินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นที่นำมาใช้มีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของหินปูนฝุ่น

Ca (%)	Mg (%)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
55.95	6.20	969.0	972.0	0.1	18.2

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบของหินบะซอลต์ฝุ่น

Ca (%)	Mg (%)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
3.4	1.73	1,062.66	14,618.33	45.93	92.7

ปลูกโดยใช้ลำต้นมันสำปะหลังอายุ 11 เดือน คัดลำต้นขนาดเท่า ๆ กัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ จึงนำไปตัดเป็นท่อนพันธุ์ ขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ประมาณ 25 เซนติเมตร ชุบท่อน

พันธุ์ด้วยสารละลายยูเรียความเข้มข้น 75% เพื่อกระตุ้นการงอกก่อนนำไปปลูก เนื่องจากเป็นการปลูกนอกฤดู โดย T2-T7 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่เหมือนกันทุกตำรับการทดลอง เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 3 เดือน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลแบบตัวอย่างย่อย (sub sampling) จำนวน 4 บลอก ในแต่ละบลอก เก็บตัวอย่างตำรับการทดลองละ 6 ต้นที่อยู่ตรงกลาง และหาค่าเฉลี่ยแต่ละบลอก โดยเก็บข้อมูลดังนี้

1. ความสูงของต้น วัดความสูงตั้งแต่โคนต้นเหนือพื้นดินจนถึงยอดที่สูงโดยเฉลี่ยในกอ เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 6 และ 8 เดือน

2. ผลผลิต เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุครบ 8 เดือน เนื่องจากมีรายงานว่าปริมาณแป้งในหัวจะสูงสุดที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก (โอภาษ บุญเส็ง และคณะ, 2542) และเป็นช่วงอายุที่เกษตรกรนิยมเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมากที่สุด เพื่อที่จะได้ทันปลูกในฤดูถัดไป ซึ่งยังคงมีฝนอยู่ เก็บข้อมูลโดยการชั่งน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดที่ได้ต่อต้นในแต่ละตำรับการทดลองหน่วยเป็นกิโลกรัม นำมาคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่

3. ผลผลิตแป้งต่อไร่ คำนวณจากปริมาณแป้งที่สกัดได้ × ผลผลิตต่อไร่

4. ประเมินคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง คุณภาพของหัวมันสำปะหลังประเมินจากเปอร์เซ็นต์แป้งที่ได้จากการวัดโดย เครื่องชั่ง Reimann scale และวิธีสกัดโดยตรง (direct extraction)

- การใช้เครื่องชั่ง Reimann scale โดยสุ่มหัวมันมาสับเอาส่วนหัวส่วนท้ายออก ชั่งน้ำหนักในอากาศให้ได้ 5 กิโลกรัม นำหัวมันที่ได้มาชั่งในน้ำ อ่านค่าเปอร์เซ็นต์แป้งที่ได้ที่สเกลบนเครื่องชั่ง

- วิธีสกัดโดยตรง (direct extraction) ทำได้โดย สุ่มเก็บหัวมันมา 1 กิโลกรัม ขูดด้วยกระต่ายจีน แล้วนำไปปั่นรวมกับน้ำ ครั้งละ 2 นาทีด้วยเครื่องปั่นโถแสตนเลส กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากออก นำกากที่ได้ไปปั่นรวมกับน้ำซ้ำอีกครั้ง รวมใช้น้ำทั้งสิ้น 1.5 ลิตร เทลงในถาดอะลูมิเนียม ทิ้งให้แป้งตกตะกอนประมาณ 2 ชั่วโมง เทส่วนน้ำใสทิ้ง อบด้วยความร้อน 50°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำแป้งที่อบแห้งสนิทดีแล้วมาชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่ง 2 ตำแหน่ง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์แป้ง (ดัดแปลงจากสุมินทร์ สมุทคุปต์, 2500)

5. ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest Index)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 14.0 for windows และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตทางลำต้น, เปอร์เซ็นต์แป้ง, และผลผลิตของแต่ละพันธุ์ในทุกตำรับการทดลองด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

การทดลองที่ 2 ผลของหินฝุ่นผสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลัง ในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ

วางแผนการทดลองแบบสปลิต-พลอต แบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบลอก (split plot in RCBD) ศึกษา 2 ปัจจัย จำนวน 4 ซ้ำ (blocks) ระยะปลูก 1×0.8 เมตร พื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณ 1,200 ตารางเมตร main plot คือ พันธุ์มันสำปะหลัง โดยเลือกมาจำนวน 3 พันธุ์จากการทดลองที่ 1 เพราะต้องการเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ที่ได้รับความนิยมปลูกในขณะนั้น, พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง และพันธุ์ใหม่ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง ซึ่งได้รับการรับรองจากกรมวิชาการ ได้แก่ พันธุ์ห้วยบง 60, พันธุ์ระยอง 7 และพันธุ์ระยอง 9 ตามลำดับ subplot คือ หินฝุ่น โดยมีองค์ประกอบดังตารางที่ 3.1 และ 3.2 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของหินแต่ละชนิด โดยมีทั้งหมด 4 ตำรับการทดลองคือ

T 1 = ไม่ใส่หินฝุ่น

T 2 = ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่

T 3 = ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่

T 4 = ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่

ปลูกโดยใช้ลำต้นมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน คัดลำต้นขนาดเท่า ๆ กัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์จึงนำไปตัดเป็นท่อนพันธุ์ ขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ประมาณ 25 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 เมื่อมันสำปะหลังอายุครบ 2 เดือน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่เหมือนกันในทุกตำรับการทดลอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลแบบตัวอย่างย่อย (sub sampling) จำนวน 4 บลอก ในแต่ละบลอก เก็บตัวอย่างตำรับการทดลองละ 9 ต้นตรงกลาง และหาค่าเฉลี่ยแต่ละบลอก โดยเก็บข้อมูลดังนี้

1. ความสูงของต้น วัดความสูงตั้งแต่โคนต้นเหนือพื้นดินจนถึงยอดที่สูงโดยเฉลี่ยในกอ โดยวัดครั้งแรก เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน วัดความสูงครั้งที่ 2 เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน วัดความสูงครั้งที่ 3 เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน วัดความสูงครั้งที่ 4 เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 10 เดือน วัดความสูงครั้งสุดท้าย เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน

2. จำนวนกิ่งต่อต้น นับจำนวนต้นที่แตกยอดจากท่อนพันธุ์ โดยนับครั้งแรกเมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน, ครั้งที่ 2 เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน, ครั้งที่ 3 เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน และครั้งที่ 4 เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 10 เดือน นับจำนวนกิ่งต่อต้นครั้งสุดท้าย เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน

3. ผลผลิต เก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 12 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะต่อการเก็บเกี่ยวเป็นสากลนิยม โดยการชั่งน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดที่ได้ต่อต้นในแต่ละตำรับการทดลองหน่วยเป็นกิโล-กรัม นำมาคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่

4. ผลผลิตแป้งต่อไร่ คำนวณจากปริมาณแป้งที่สกัดได้×ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)

5. ประเมินคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง เมื่ออายุครบ 12 เดือน คุณภาพของหัวมันสำปะหลังประเมินจากเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้จากเครื่องชั่ง Reimann scale และวิธีสกัดโดยตรง (direct extraction) ดังการทดลองที่ 1

6. ตรวจสอบลักษณะทั่วไปของมันสำปะหลัง โดยสุ่มหัวมันสำปะหลังขนาดกลาง น้ำหนักประมาณ 700-900 กรัม นำมาวัดความหนาของเปลือก (peel) โดยใช้เวอร์เนีย คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper), ปริมาณเปลือกและส่วนเนื้อ (%) หาจากน้ำหนักของเปลือกต่อน้ำหนักของเนื้อ

7. ประเมินอาการไส้กลวง และเส้นใย (fiber) ในหัวมันสำปะหลัง โดยให้เป็นระดับคะแนนดังนี้

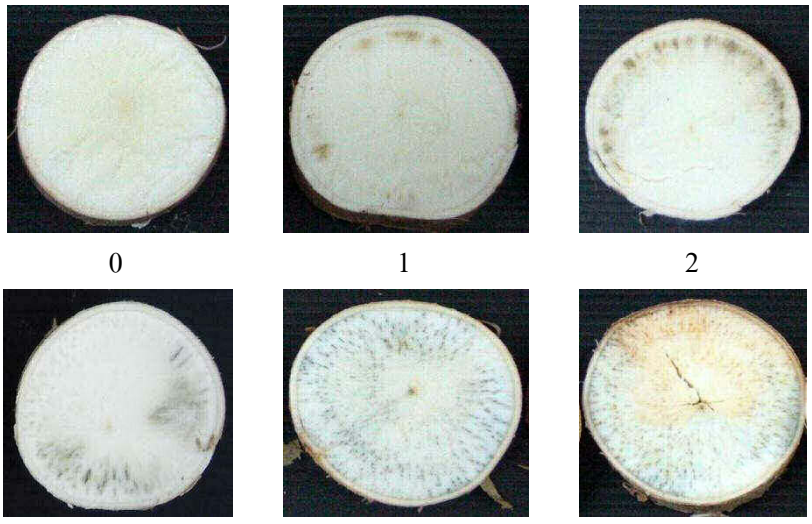
1 หมายถึง ไม่มีอาการไส้กลวง,ไม่มีเส้นใย
2 หมายถึง มีอาการไส้กลวง, มีเส้นใย 5% ของเนื้อหัว
3 หมายถึง มีอาการไส้กลวง, มีเส้นใย 10% ของเนื้อหัว
4 หมายถึง มีอาการไส้กลวง, มีเส้นใย 15% ของเนื้อหัว
5 หมายถึง มีอาการไส้กลวง, มีเส้นใย 20% ของเนื้อหัว

8. วิเคราะห์ปริมาณธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง และสังกะสีในใบและลำต้น เตรียมตัวอย่างใบและต้นมันสำปะหลัง โดยตัดต้นมันสำปะหลังเป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนใส่ถุงกระดาษสำหรับอบตัวอย่าง นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง บรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดผนึกเพื่อส่งวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrometry

9. ตรวจสอบการเกิดการเสื่อมสภาพหลังการเก็บเกี่ยว Post-harvest Physiological Deterioration (PPD) การวัด PPD มีขั้นตอนดังนี้เตรียมหัวมันสำปะหลัง เก็บในห้องที่ควบคุมสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60 - 80% ก่อนการเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยา ตัดส่วนปลายใกล้กับปลายสุดของหัวออกและห่อด้วยฟิล์ม หลังจากเก็บรักษาไว้ 7 วันหั่นตามขวางตามความยาวราก หนา 2 เซนติเมตร ให้คะแนนตั้งแต่ 0 – 5 ในแต่ละชิ้น

0 หมายถึง ไม่เกิดสีน้ำเงิน - ดำ
1 หมายถึง เกิดสีน้ำเงิน – ดำ 1-20% ของพื้นที่
2 หมายถึง เกิดสีน้ำเงิน – ดำ 21-40% ของพื้นที่
3 หมายถึง เกิดสีน้ำเงิน – ดำ 41-60% ของพื้นที่
4 หมายถึง เกิดสีน้ำเงิน – ดำ 61-80% ของพื้นที่
5 หมายถึง เกิดสีน้ำเงิน – ดำ 81-100% ของพื้นที่

เปอร์เซ็นต์ที่ได้จะสอดคล้องกับพื้นผิวที่เกิดการเกิดสีน้ำเงิน–ดำในหัวมันสำปะหลัง (ดัดแปลงจาก Wheatley *et al*., 1985)



0 1 2

3 4 5

10. วิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์รวมในหัวมันสำปะหลังโดยการทำปฏิกิริยาให้เกิดสีด้วยสารละลายไพริดีน/ไพราโซโลน เตรียมตัวอย่างโดย ชั่งเนื้อมันสด 50 กรัม หั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาดไม่เกิน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการสกัดแยกไซยาไนด์ออกจากตัวอย่างโดยใช้สารละลายสกัดที่เตรียมโดยใช้กรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 0.1 N แล้วปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้นของเอทานอลร้อยละ 25 (v/v) จำนวน 150 มิลลิลิตรลงในตัวอย่าง ปั่นด้วยเครื่องปั่นบด (Homogenizer) 1 นาทีแล้วกรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 วิธีวิเคราะห์ดังภาคผนวก ก.

11. วิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสในตัวอย่างแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีทำให้เกิดสี ใช้ตัวอย่างแป้งแห้งที่ได้จากการสกัดหาเปอร์เซ็นต์แป้งข้างต้น โดยชั่งตัวอย่างแป้งมันสำปะหลัง 0.1 กรัม (p/w) ละลายในเอธิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95% จำนวน 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 M 9 มิลลิลิตร ต้มในน้ำเดือด 10 นาที (in water bath) ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 1 คืน แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส ตามวิธีดังภาคผนวก ข. ปริมาณอะมิโล-เพคตินคำนวณจากปริมาณอะมิโลส (วิไล สันติโสภาศรี และคณะ, 2541)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 14.0 for windows และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในทุกกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาผลของหินฝุ่นต่อผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี และสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.) โดยศึกษาถึงผลของการใส่หินฝุ่นแต่ละชนิด และหินฝุ่นผสมในอัตราต่างๆ ทั้งร่วมและไม่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในแปลงปลูก ประเมินผลผลิตและคุณภาพของหัวมันสำปะหลังหลังการเก็บเกี่ยว และการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของหัวมันสำปะหลัง

4.1 การทดลองที่ 1 ผลของหินฝุ่นต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของหัวมันสำปะหลังในหัวมันสำปะหลังพันธุ์/สายพันธุ์ต่างๆ

ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นมันสำปะหลังจำนวน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, พันธุ์ห้วยบง 60, พันธุ์ระยอง 7, พันธุ์ระยอง 9, และสายพันธุ์ CMR 43-08-89 ตำรับการใส่หินฝุ่นได้แก่ ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่, หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่, หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทุกตำรับการใส่หินนั้นใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ จากการวิเคราะห์พบว่า หินฝุ่นมีผลทำให้ความสูงของต้นมันสำปะหลังแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ไม่มีผลทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันในทางสถิติ และพันธุ์มีผลทำให้ความสูง ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งมีความแตกต่างกันในทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างพันธุ์ของมันสำปะหลังกับตำรับการทดลองต่าง ๆ ในเรื่องของความสูง, ผลผลิต, เปอร์เซ็นต์แป้งทั้งแป้งสกัดและแป้งจากเครื่องชั่ง Reimann scale และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว โดยมีผลดังนี้

4.1.1 ความสูงของต้น ที่อายุ 6 เดือน พบว่าความสูงของมันสำปะหลังแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมันสำปะหลังตำรับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงมากที่สุดคือ 137.35 เซนติเมตรรองลงมาคือที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว, ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัม

ต่อไร่ และตำรับควบคุม โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 136.04, 129.98, 126.40, 125.79 และ 122.66 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงน้อยที่สุดคือ 107.88 เซนติเมตร ในด้านของพันธุ์มันสำปะหลัง พบว่า พันธุ์มีผลทำให้ความสูงเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์ระยอง 9 มีความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ เกษตรศาสตร์ 50, CMR 43-08-89, ห้วยบง 60 และระยอง 7 มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 134.10, 132.55, 127.21, 123.44 และ 115.61 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 8 เดือน พบว่าความสูงของมันสำปะหลังแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมันสำปะหลังที่ได้รับหินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงที่สุดเท่ากับ 213.77 เซนติเมตร รองลงมาคือมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่เท่ากับ 211.38 เซนติเมตร ในขณะที่ตำรับควบคุมมีความสูงเท่ากับ 162 เซนติเมตร มันสำปะหลังที่ได้รับหินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงเท่ากับ 168.81 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับควบคุม ซึ่งมันสำปะหลังที่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว, ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 194.81, 183.37 และ 187.80 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) หากพิจารณาในด้านพันธุ์ พบว่า ความสูงของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีค่าเฉลี่ยความสูงในทุกตำรับการทดลองสูงสุดเท่ากับ 198.75 เซนติเมตร รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 สายพันธุ์ CMR 43-08-89, พันธุ์ห้วยบง 60 และระยอง 7 ความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 196.21, 185.96, 183.47 และ 179.86 เซนติเมตร ตามลำดับ

4.1.2 ประเมินผลผลิตต่อไร่ ผลผลิตของมันสำปะหลังเมื่ออายุ 8 เดือนพบว่า การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 5.84 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ มันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตเท่ากับ 5.52 ตันต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุม, การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่, การใส่หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิตเท่ากับ 4.90, 5.0, 5.35 และ 5.15 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 4.74 ตันต่อไร่ ซึ่งผลผลิตแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดในทุกตำรับทดลอง คือ สายพันธุ์ CMR 43-08-89 มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 5.80 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ห้วยบง 60 พันธุ์ระยอง 7 และ พันธุ์ระยอง 9 มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 5.46, 5.37, 4.86 และ 4.59 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2)

4.1.3 ประเมินคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง จากการวัดเปอร์เซ็นต์แป้งด้วยเครื่องชั่ง Reimann scale พบว่าเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยของทุกพันธุ์/สายพันธุ์อยู่ระหว่าง 22.04-23.68% โดยตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 23.68% รองลงมาคือ การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 23.65% สำหรับการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 23.17%, 23.31% และ 22.57% ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 22.37% และการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตราละ 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 22.04% ซึ่งการใส่หินฝุ่นไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) ในพันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาทดสอบพบว่า พันธุ์ที่ให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยในทุกตำรับทดลองสูงที่สุดคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 24.28% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กับพันธุ์ห้วยบง 60 และสายพันธุ์ CMR 43-08-89 ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 20.78% และ 22.25% ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ระยอง 7 และพันธุ์ระยอง 9 ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 23.86 % และ 23.66% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2 และภาพผนวกที่ 5 และ 6)

สำหรับเปอร์เซ็นต์แป้งที่ได้จากวิธีสกัดโดยตรง (direct extraction) พบว่าเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยของทุกพันธุ์/สายพันธุ์อยู่ระหว่าง 22.46-26.33% โดยการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 26.34% รองลงมาคือตำรับควบคุม มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 26.05% ในขณะที่ตำรับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตราละ 100 กิโลกรัมต่อไร่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 22.46% ส่วนตำรับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่บะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 25.46%, 24.99%, 25.26% และ 25.66% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2 และภาพผนวกที่ 5 และ 6)

พันธุ์มันสำปะหลังที่สกัดได้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงสุดในทุกตำรับทดลองคือ พันธุ์ระยอง 9 มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 28.26% ซึ่งค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์แป้งที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ห้วยบง 60 ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 26.38 % และ 25.12% แต่กลับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับพันธุ์ระยอง 7 และสายพันธุ์ CMR 43-08-89 ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 24.38% และ 21.71% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) เปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้จากเครื่อง Reimann scale ซึ่งเป็นวิธีที่โรงงานแป้งนิยมใช้วัด เมื่อนำไปสกัด (Crude extraction) พบว่าปริมาณแป้งที่ได้นั้นมากกว่าที่วัดได้จากเครื่องชั่ง 9.62% ซึ่งปริมาณแป้งที่ได้ค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากมันสำปะหลังที่นำมาทดสอบเป็นมันสำปะหลังพันธุ์หนัก มีการสะสมแป้งและน้ำหนักช้า (กรมวิชาการเกษตร, 2551) เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 8 เดือน จึงทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำกว่าปกติ

4.1.4 ผลผลิตแป้งต่อไร่ ที่อายุ 8 เดือนพบว่าการใส่หินฝุ่นร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีผลทำให้ผลผลิตแป้งแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่แก่มันสำปะหลัง ให้ผลผลิตแป้งมากที่สุด คือ 1,397.79 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือการใส่หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่, การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่, การใส่หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่, ตำรับควบคุม, การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 และการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีผลผลิตแป้งต่อไร่เท่ากับ 1,382.73, 1,330.11, 1,320.83, 1,282.86, 1,234.39 และ 1,227.86 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่ให้ผลผลิตแป้งต่อไร่มากที่สุดคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 รองลงมาคือพันธุ์ห้วยบง 60, ระยอง 9, CMR 43-08-89, และ ระยอง 7 โดยมีผลผลิตแป้งเท่ากับ 1,450.02, 1,345.81, 1,288.96, 1,268.11, และ 1,201.79 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ซึ่งพันธุ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ผลผลิตแป้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.1.5 ดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest Index: HI) ที่อายุ 8 เดือน พบว่า ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว เฉลี่ยของมันสำปะหลังในแต่ละตำรับทดลองอยู่ระหว่าง 0.53-0.64 โดยมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำที่สุดเท่ากับ 0.53 รองลงมาคือที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่เพียงอย่างเดียว, ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.57, 0.58, 0.60 และ 0.61 ตามลำดับ ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยของมันสำปะหลังในตำรับดังกล่าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กับมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยของทุกพันธุ์เท่ากับ 0.64 (ตารางที่ 4.2) ขณะที่มันสำปะหลังควบคุมมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันกับที่ใส่หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ในทางสถิติ โดยมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 เท่ากันทั้งสองตำรับ ส่วนค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวในพันธุ์ต่าง ๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวที่ได้นี้มีค่าน้อยกว่าค่าทั่วไป โดยทั่วไปค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังจะอยู่ที่ 0.6-0.7 (Okeke, 1980) ซึ่งค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเป็นตัวชี้ว่าการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 8 เดือนนั้นยังเจริญเติบโตไปทางลำต้นมากกว่าการสะสมน้ำหนักที่หัว

ตารางที่ 4.1 ความสูงต้นที่อายุ 6 และ 8 เดือน ของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ที่ได้รับปุ๋ยตำรับต่าง ๆ

พันธุ์/สายพันธุ์	ความสูงต้น(ซม.)[1]	
	6 เดือน	8 เดือน
เกษตรศาสตร์ 50	132.5 ab	198.8 a
ห้วยบง 60	123.4 bc	183.5 c
ระยอง 7	115.6 c	179.9 c
ระยอง 9	134.1 a	196.2 ab
CMR 43-08-89	127.2 ab	186.0 bc
F-test	*	**
CV (%)	13.35	9.15
ตำรับ	**ความสูงต้น (ซม.)**	
	6 เดือน	**8 เดือน**
ควบคุม	122.7 b	168.8 c
ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กก./ไร่	126.4 ab	194.8 b
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น 50:150 กก./ไร่	136.0 a	211.4 a
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น 100:100 กก./ไร่	137.4 a	213.8 a
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น 150:50 กก./ไร่	125.8 ab	183.4 b
หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร่	130.0 ab	187.8 b
หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร	107.9 c	162.0 c
F-test	**	**
CV (%)	13.40	10.25

*, ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรคนละชนิด แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับที่ 0.05 (DMRT)

ตารางที่ 4.2 ผลผลิตต่อไร่ ผลผลิตแป้งต่อไร่ และ ดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ที่ได้รับปุ๋ยตำรับต่าง ๆ

พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิต[1] (ตัน/ไร่)	ผลผลิตแป้งสกัด (กก./ไร่)	แป้งเครื่องชั่ง (%)	แป้งสกัด (%)	ดัชนีเก็บเกี่ยว
เกษตรศาสตร์ 50	5.46 ab	1,450	24.3 a	26.4 ab	0.59
ห้วยบง 60	5.37 ab	1,346	22.3 b	25.1 abc	0.58
ระยอง 7	4.86 bc	1,202	23.9 a	24.4 bc	0.59
ระยอง 9	4.59 c	1,289	23.7 a	28.3 a	0.61
CMR 43-08-89	5.80 a	1,268	20.8 c	21.7 c	0.61
F-test	*	ns	**	**	ns
CV (%)	21.47	25.08	13.35	17.01	13.24
ตำรับ	**ผลผลิต[1](ตัน/ไร่)**	**ผลผลิตแป้งสกัด (กก./ไร่)**	**แป้งเครื่องชั่ง (%)**	**แป้งสกัด (%)**	**ดัชนีเก็บเกี่ยว**
ควบคุม	4.90	1,283	23.7	26.1	0.64 a
ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กก./ไร่	4.74	1,234	22.4	26.3	0.57 b
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น 50:150 กก./ไร่	5.52	1,398	23.2	25.5	0.58 b
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น 100:100 กก./ไร่	5.84	1,330	22.0	22.5	0.53 c
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น 150:50 กก./ไร่	5.00	1,228	23.7	24.9	0.60 ab
หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร่	5.35	1,383	23.3	25.3	0.61 ab
หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร่	5.15	1,321	22.5	25.7	0.64 a
F-test	ns	ns	ns	ns	**
CV (%)g	22.13	33.6	24.84	9.61	11.08

ns, *, ** ไม่แตกต่างทางสถิติ, แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ [1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรคนละชนิด แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับที่ 0.05 (DMRT)

4.2 การทดลองที่ 2 ผลของหินฝุ่นผสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลัง ในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นมันสำปะหลังจำนวน 3 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ห้วย-บง 60, พันธุ์ระยอง 7, พันธุ์ระยอง 9 ตำรับการใส่หินฝุ่นได้แก่ ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่, หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่, หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ จากการวิเคราะห์พบว่าการใส่หินฝุ่นมีผลทำให้ความสูง ผลผลิต เปอร์เซ็นต์แป้งสกัดและปริมาณไซยาไนด์รวมแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ไม่มีผลทำให้ผลผลิตแป้งสกัด แป้งที่วัดได้จากเครื่องชั่ง Reimann scale ดัชนีการเก็บเกี่ยว ปริมาณเปลือกและเนื้อหัว คะแนนการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยา ปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพคตินแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนพันธุ์ที่ต่างกันมีผลทำให้ความสูง ผลผลิต เปอร์เซ็นต์แป้งทั้งแป้งสกัดและแป้งจากเครื่องชั่ง Reimann scale รวมถึงปริมาณเปลือก ปริมาณเนื้อและปริมาณไซยาไนด์รวมแตกต่างกันในทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างพันธุ์กับตำรับการทดลองต่างๆ ต่อปริมาณไซยาไนด์รวมในหัวมันสำปะหลัง แต่ไม่มีสหสัมพันธ์ (correlation, r^2) กันระหว่างการเกิด PPD กับปริมาณไซยาไนด์รวม ปริมาณอะมิโลสและปริมาณอะมิโลเพคตินในหัวมันสำปะหลัง โดยมีผลดังนี้

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตในแปลงปลูก

4.2.1.1 ความสูงของต้น วัดความสูงของมันสำปะหลังทุกพันธุ์ในแต่ละตำรับการทดลองที่อายุ 4 เดือน พบว่าความสูงเฉลี่ยของมันสำปะหลังแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับควบคุมมีความสูงมากที่สุดคือ 79.32 เซนติเมตร รองลงมาคือตำรับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะ-ซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่มีความสูงเท่ากับ 78.05 และ76.07 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับตำรับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ที่มีความสูงน้อยที่สุดเท่ากับ 69.20 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.3) ความสูงของมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน และ 8 เดือน พบว่าแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติไปในทิศทางเดียวกันคือ มันสำปะหลังตำรับควบคุมที่อายุ 6 เดือน และ 8 เดือน มีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 96.40 และ 111.90 เซนติเมตร รองลงมาคือมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ 92.38 และ 107.84 เซนติเมตร ในขณะที่มันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงเท่ากับ 88.68 และ 105.32 เซนติเมตร และตำรับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงน้อยที่สุดเท่ากับ

84.76 และ 100.23 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ความสูงของมันสำปะหลังที่อายุ 10 เดือน พบว่าตำรับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงมากที่สุดคือ 152.06 เซนติเมตร ความสูงรองลงมาคือมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงเท่ากับ 148.54 เซนติเมตร และมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะ-ซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงเท่ากับ 147.40 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมซึ่งมีความสูงน้อยที่สุดเท่ากับ 143.92 เซนติเมตร สำหรับความสูงเฉลี่ยของมันสำปะหลังทุกพันธุ์ในแต่ละตำรับการทดลองที่อายุ 12 เดือน พบว่ามันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ และมันสำปะ-หลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 194.82 และ 194.31 เซนติเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมและตำรับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีความสูงเท่ากับ 178.54 และ 188.07 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

ความสูงเฉลี่ยของพันธุ์ระยอง 7, ระยอง 9, ห้วยบง 60 ในทุกตำรับการทดลอง ช่วงอายุ 4 เดือน และ 6 เดือน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ห้วยบง 60 มีความสูงเท่ากับ 77.02 และ 92.06 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์ระยอง 9 มีความสูงเท่ากับ 76.90 และ 92.60 เซนติเมตร และพันธุ์ระยอง 7 มีความสูงเท่ากับ 73.04 และ 87.08 เซนติเมตร ส่วนความสูงเฉลี่ยในช่วง 8 เดือน, 10 เดือน และ 12 เดือน พบว่า ความสูงแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ระยอง 9 มีความสูงมากที่สุด ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 119.08, 160.42 และ 203.08 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือพันธุ์ห้วยบง 60 มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 104.55, 146.02 และ186.24 เซนติเมตร ตามลำดับและพันธุ์ระยอง 7 มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 95.37, 137.33 และ 177.20 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

4.2.1.2 จำนวนกิ่งต่อต้น ในแต่ละตำรับทดลองพบว่าจำนวนกิ่งของมันสำปะหลังในทุกพันธุ์ที่อายุ 4-12 เดือน มีค่าเฉลี่ยของจำนวนกิ่งอยู่ระหว่าง 2-3 กิ่งต่อต้น โดยมันสำปะหลังในตำรับควบคุมมีจำนวนกิ่งน้อยที่สุด คือมีจำนวนกิ่งเท่ากับ 2 กิ่งต่อต้น ในขณะที่ตำรับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่, และใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนกิ่งเท่ากับ 3 กิ่งต่อต้น สำหรับจำนวนกิ่งเฉลี่ยของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ในทุกตำรับทดลองในทุกช่วงอายุ พบว่าพันธุ์ระยอง 9 มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 2 กิ่งต่อต้น แตกต่างกันกับพันธุ์ระยอง 7 และพันธุ์ห้วยบง 60 ที่มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 3 กิ่งต่อต้น ซึ่งความแตกต่างนี้เป็นความแตกต่างของลักษณะเฉพาะของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ และมีผลเกี่ยวเนื่องกับความสูงต้นของแต่ละพันธุ์ด้วย

เช่น พันธุ์ห้วยบง 60 นอกจากมีการแตกกิ่งหลักและยังมีการแตกเป็นกิ่งแขนง ซึ่งพอโตเต็มที่ จะมีความสูงไม่แตกต่างกันนัก แต่มันสำปะหลังที่ไม่แตกกิ่ง เช่นพันธุ์ระยอง 9 โดยลักษณะของพันธุ์จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงมีความสูงตามตำรับปุ๋ยที่ชัดเจนกว่าพันธุ์ที่แตกกิ่ง

4.2.2 ประเมินผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ที่อายุ 12 เดือนพบว่ามันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดคือ 8.51 ตันต่อไร่ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมที่มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 7.41 ตันต่อไร่ รองลงมาคือที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 8.44 ตันต่อไร่ ในขณะที่การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 7.10 ตันต่อไร่ สำหรับผลผลิตเฉลี่ยมันสำปะหลังของแต่ละพันธุ์ในทุกตำรับทดลอง พบว่าพันธุ์ห้วยบง 60 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 9.57 ตันต่อไร่ รองลงมาคือพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิต 7.42 ตันต่อไร่ และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้อยที่สุดในทุกตำรับทดลองคือพันธุ์ระยอง 7 เท่ากับ 6.62 ตันต่อไร่ ซึ่งทั้ง 3 พันธุ์นี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้ความแตกต่างของพันธุ์มันสำปะหลังไม่แสดงปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับระดับของปริมาณหินฝุ่นแต่ละชนิด (ตารางที่ 4.4)

4.2.3 ผลผลิตแป้งต่อไร่ ที่อายุ 12 เดือนพบว่า การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตแป้งมากที่สุดเท่ากับ 2,519.25 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตแป้งเท่ากับ 2,315.84 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตแป้งต่ำที่สุดคือ 2,159.65 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ตำรับควบคุมให้ผลผลิตแป้งเท่ากับ 2,201.39 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับมันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตแป้งมากที่สุดคือ พันธุ์ห้วยบง 60 ให้ผลผลิตแป้งเท่ากับ 2,477.41 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือพันธุ์ระยอง 9 และพันธุ์ระยอง 7 มีผลผลิตแป้งเท่ากับ 2,299.06 และ 2,120.64 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

4.2.4 ประเมินคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง จากการวัดเปอร์เซ็นต์แป้งด้วยเครื่องชั่ง Reimann scale พบว่ามันสำปะหลังตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 28.47% ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กับมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่, ที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ และที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 26.89%, 26.61% และ 25.57% ตามลำดับ ขณะที่ระหว่างพันธุ์กลับมีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์

แป้งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกตำรับทดลอง คือ ระยอง 9 มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 29.20% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกันกับพันธุ์ห้วยบง 60 ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 23.49% แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ กับพันธุ์ระยอง 7 มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 27.96% (ตารางที่ 4.4 และภาพผนวกที่ 7 และ 8) และความแตกต่างของพันธุ์มันสำปะหลังไม่แสดงปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับระดับของปริมาณหินฝุ่นแต่ละชนิด สำหรับเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยที่ได้จากวิธีสกัดโดยตรง (direct extraction) พบว่ามันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ สกัดแป้งออกมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยได้เท่ากับ 30.75% ซึ่งแตกต่างกับที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยที่สกัดได้เท่ากับ 27.86% แต่ไม่แตกต่างกันกับตำรับควบคุมและที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 30.56% และ 29.77% ตามลำดับ ขณะที่ระหว่างพันธุ์กลับมีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์แป้งที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพันธุ์ระยอง 7 มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยที่สกัดได้สูงสุดในทุกตำรับทดลองเท่ากับ 31.28% ไม่แตกต่างกับพันธุ์ระยอง 9 ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 31.21% แต่แตกต่างในทางสถิติกับพันธุ์ห้วยบง 60 มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยเท่ากับ 26.70% (ตารางที่ 4.4 และภาพผนวกที่ 7 และ 8) และความแตกต่างของพันธุ์มันสำปะหลังไม่แสดงปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับระดับของปริมาณหินฝุ่นแต่ละชนิด สำหรับเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้จากเครื่อง Reimann scale ซึ่งเป็นวิธีที่โรงงานแป้งนิยมใช้วัด เมื่อนำไปสกัด (Crude extraction) พบว่า ปริมาณแป้งที่ได้ทุกค่ามีค่าสูงกว่าที่วัดจากเครื่องชั่งโดยเฉลี่ยถึง 10.63% จึงเป็นการพิสูจน์ว่าการใส่หินฝุ่นในการปลูกมันสำปะหลังไม่มีผลทำให้การสกัดแป้งออกมาจะได้ปริมาณแป้งน้อยกว่าที่วัดได้จากเครื่องชั่ง Reimann scale

4.2.5 ดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest Index : HI) จากการคำนวณดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ที่อายุ 12 เดือนในแต่ละตำรับทดลองพบว่า ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยของมันสำปะหลังในแต่ละตำรับทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.61-0.67 (ตารางที่ 4.4) โดยค่าที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกันเรียงจากน้อยไปหามากคือ ตำรับควบคุม มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 0.66 รองลงมาคือที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่หินปูนฝุ่นและหินบะ-ซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.63, 0.63 และ 0.62 ส่วนในแต่ละพันธุ์พบว่า ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวก็มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกันกับตำรับทดลอง โดยพันธุ์ระยอง 9, ห้วยบง 60 และ ระยอง 7 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 0.63, 0.64 และ 0.64 ตามลำดับ โดยทั่วไปค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังจะอยู่ที่ 0.6-0.7 (Okeke,1980) ซึ่งค่าดัชนีเก็บ-

เกี่ยวนี้เป็นตัวชี้ว่าการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในการทดลองเจริญเติบโตเป็นปกติ ไม่สร้างต้นหรือสร้างหัวมากเกินไป

ตารางที่ 4.3 ความสูงของมันสำปะหลังที่อายุ 4-12 เดือนที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม

พันธุ์	4 เดือน[1]	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน	12 เดือน
ระยอง 7	73.0	87.1	95.4 c	137.3 c	177.2 c
ระยอง 9	76.9	92.6	119.1 a	160.4 a	203.1 a
ห้วยบง 60	77.0	92.1	104.6 b	146.0 b	186.2 b
F-test	ns	ns	*	*	*
CV (%)	39.13	42.14	40.59	31.91	21.3
	4 เดือน	**6 เดือน**	**8 เดือน**	**10 เดือน**	**12 เดือน**
ควบคุม	79.3 a	96.4 a	111.9 a	143.9 b	178.5 c
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	69.2 c	84.8 c	100.2 c	147.4 ab	188.1 b
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	76.1 b	88.7 b	105.3 b	148.5 ab	194.8 a
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	78.1 ab	92.4 b	107.8 b	152.1 a	194.3 a
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	13.48	13.86	11.81	10.02	8.62

ns, *, ** ไม่แตกต่างทางสถิติ, แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรคนละชนิด แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับที่ 0.05 (DMRT)

ตารางที่ 4.4 ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ผลผลิตแป้งเฉลี่ยต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งที่ได้จากการสกัด และเปอร์เซ็นต์แป้งที่ได้จากเครื่องชั่ง Reimann Scale และดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยตำรับต่าง ๆ

พันธุ์	ผลผลิต[1] (ตัน/ไร่)	ผลผลิตแป้งสกัด(กก./ไร่)	แป้งสกัด (%)	แป้งเครื่องชั่ง(%)	ดัชนีเก็บเกี่ยว
ระยอง 7	6.62 c	2,120	31.3 a	27.9 a	0.64
ระยอง 9	7.42 b	2,299	31.2 a	29.2 a	0.63
ห้วยบง 60	9.57 a	2,477	26.7 b	23.5 b	0.64
F-test	**	ns	*	**	ns
CV (%)	15.13	11.65	6.34	6.83	7.02
ตำรับ	**ผลผลิต (ตัน/ไร่)**	**ผลผลิตแป้งสกัด(กก./ไร่)**	**แป้งสกัด (%)**	**แป้งเครื่องชั่ง(%)**	**ดัชนีเก็บเกี่ยว**
ควบคุม	7.41 b	2,201	30.6 a	28.5	0.66
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	7.10 b	2,159	30.8 a	26.9	0.63
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	8.51 a	2,519	29.8 ab	26.6	0.62
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	8.44 a	2,315	27.9 b	25.6	0.63
F-test	**	ns	**	ns	ns
CV (%)	15.68	16.24	8.63	11.06	7.02

ns, *, ** ไม่แตกต่างทางสถิติ, แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรคนละชนิด แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับที่ 0.05 (DMRT)

4.2.6 การประเมินลักษณะทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวในห้องปฏิบัติการ

ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของมันสำปะหลัง

4.2.6.1 ความหนาของเปลือกมันสำปะหลัง ที่อายุ 12 เดือนพบว่าความหนาของเปลือกอยู่ระหว่าง 1.97-2.49 มิลลิเมตร ซึ่งความหนาของเปลือกมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ตามลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลัง โดยพันธุ์ระยอง 9 มีความหนาเฉลี่ยของเปลือกมากที่สุดโดยมีความหนาของเปลือกอยู่ระหว่าง 2.22-2.49 มิลลิเมตร รองลงมาคือระยอง 7 มีความหนาเปลือกอยู่ระหว่าง 1.97-2.19 มิลลิเมตร และห้วยบง 60 มีความหนาเปลือกอยู่ระหว่าง 2.02-2.12 มิลลิเมตร ซึ่งความหนาของเปลือกมันสำปะหลังแต่ละตำรับทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยพบว่าการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มของความหนาเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุด รองลงมาคือการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่, ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ มีความหนาเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 2.12, 2.14 และ 2.18 มิลลิเมตร ตามลำดับ ตำรับควบคุมมีความหนาเปลือกเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 2.23 มิลลิเมตร ทั้งนี้ความแตกต่างของพันธุ์มันสำปะหลังไม่แสดงปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับระดับของปริมาณหินฝุ่นแต่ละชนิด

4.2.6.2 เปอร์เซ็นต์เนื้อและเปลือก ที่อายุ 12 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์ของเปลือกในแต่ละพันธุ์ในแต่ละตำรับการทดลองอยู่ระหว่าง 11.66-17.10% และมีเปอร์เซ็นต์เนื้อ (Bulb) อยู่ระหว่าง 82.90–88.34% ของหัวมันสำปะหลังทั้งหมด โดยมันสำปะหลังทุกพันธุ์ในแต่ละตำรับการทดลองมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เปลือกและเนื้อเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์เปลือกเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 13.39-15.52% และเปอร์เซ็นต์เนื้อเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 84.48-86.61% (ตารางที่ 4.5) โดยทั่วไปมันสำปะหลังจะมีปริมาณเปลือกประมาณ 11-20% ของปริมาณหัวมันสำปะหลังทั้งหมด (Alves, 2002) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละพันธุ์ ซึ่งการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่มีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์เปลือกต่ำที่สุด รองลงมาคือการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ มีเปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 13.39%, 14.03% และ 14.59% และเปอร์เซ็นต์เนื้อเท่ากับ 86.61%, 85.97% และ 85.41% ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์เปลือกเฉลี่ยมากที่สุดคือ 15.52% และมีเปอร์เซ็นต์เนื้อน้อยที่สุดด้วยเท่ากับ 84.48% ส่วนเปอร์เซ็นต์ของเปลือกมันสำปะหลังในแต่ละพันธุ์พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีเปอร์-เซ็นต์ของเปลือกต่ำที่สุดคือพันธุ์ห้วยบง 60 รองลงมาคือระยอง 7 และ ระยอง 9 มีเปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 12.88%, 13.45% และ 16.83% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ทั้งนี้ความแตกต่างของพันธุ์มันสำปะหลังไม่มีปฏิ-สัมพันธ์ (interaction) กับระดับของปริมาณหินฝุ่นแต่ละชนิด

4.2.6.3 อาการไส้กลวงและเส้นใยในหัวมันสำปะหลัง จากการประเมินด้วยสายตา พบว่า มันสำปะหลังทุกพันธุ์ในทุกตำรับทดลองไม่ปรากฏอาการไส้กลวงและเส้นใย หรือลักษณะที่ผิดปกติใด ๆ

ตรวจสอบลักษณะทางเคมีของมันสำปะหลังและสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว

4.2.6.4 ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ธาตุแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในใบและลำต้น โดยมีปริมาณแคลเซียม 0.67-0.95%, ปริมาณแมกนีเซียม 0.32-0.51% และมีเหล็กประมาณ 109.27-154.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ทองแดง 3.66-5.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, แมงกานีส 59.52-85.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, และสังกะสี 47.61-56.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางภาคผนวกที่ 12 และ 13) โดยค่อนข้างใกล้เคียงกับ Carmen และคณะ (2006) ที่พบว่าในใบมันสำปะหลังมีปริมาณแคลเซียมประมาณ 0.98-1.95%, แมกนีเซียม 0.19-0.29%, แมงกานีส 66.50-157.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, เหล็ก 202.90-225.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ทองแดง 8.50-12.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, และสังกะสี 43.50-52.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งในพืชที่นำมาเป็นอาหารสัตว์จะมีปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 0.04-1.63%, ปริมาณแมกนีเซียม 0.26-0.97%, ปริมาณของธาตุเหล็ก 61.5-270.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ทองแดง 6.2-50.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, แมงกานีส 50.3- 263.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสังกะสี 30.0-63.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Aletor and Adeogun., 1995; Chavez et al., 2000; Marta and Francisca, 2000; Ravindran et al., 1982) ค่าวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ใบและลำต้นของมันสำปะหลังทุกพันธุ์ในทุกตำรับทดลอง แสดงถึงความสมบูรณ์ของต้นพืชที่ไม่แตกต่างกัน จุลธาตุในดินที่ทำการทดลองโดยการแสดงออกของใบและลำต้นจากทุกตำรับทดลอง ยังอยู่ในสถานะที่ดีพอควร ไม่มีตำรับทดลองและพันธุ์ใดที่เลวมากหรือดีมาก อยู่ในช่วงที่ค่อนข้างเหมาะสมทุกธาตุ แสดงว่าตำรับการทดลองไม่ได้รบกวนความเป็นปกติของมันสำปะหลัง

4.2.6.5 การเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว Post-harvest Physiological Deterioration (PPD) มันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว 7 วันพบว่า มันสำปะหลังทุกพันธุ์ในแต่ละตำรับการทดลองยังไม่ปรากฏอาการของ PPD ขึ้น ยกเว้นในตำรับควบคุม แต่เกิดเพียงเล็กน้อย เกินกว่าจะให้คะแนนความเสียหายได้ จึงเก็บไว้อีก 2 วัน รวมระยะเวลาหลังเก็บเกี่ยวจากดินเป็นเวลา 9 วัน จึงตรวจการเกิด PPD อีกครั้งพบว่ามีลักษณะดังรูปที่ 4.5-4.7 โดยมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มการเกิด PPD ต่ำที่สุด รองลงมาคือการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่, หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ยของการเกิด

การเสื่อมสภาพเท่ากับ 2.21, 2.54, 2.59 และ 2.68 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนของการเกิด PPD มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าในพันธุ์ห้วยบง 60 มีแนวโน้มการเกิด PPD ต่ำที่สุด โดยมีคะแนนการเกิด PPD เท่ากับ 2.35 รองลงมาคือพันธุ์ระยอง 9 และพันธุ์ระยอง 7 มีคะแนนการเกิด PPD เท่ากับ 2.46 และ 2.70 (ตารางที่ 4.6) ซึ่งความแตกต่างของพันธุ์มันสำปะหลังไม่แสดงปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับระดับของปริมาณหินฝุ่นแต่ละชนิด และจากการหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation, r^2) พบว่าปริมาณไซยาไนด์รวม เปอร์เซ็นต์แป้ง รวมถึงปริมาณอะมิโลส ไม่มีอิทธิพลต่อการเกิด PPD ในหัวมันสำปะหลัง โดยทั่วไปอาการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยานี้จะเกิดภายใน 24-48 ชั่วโมง ถูกชักนำให้เกิดโดยบาดแผลจากการเก็บเกี่ยว (Beeching et al., 2002) เกิดสารอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดการอุดตันของท่อลำเลียง บริเวณ xylem parenchyma เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินถึงดำ (Reilly *et al*., 2004) การเกิด PPD ช้าอาจมีผลมาจาก Cu/Zn-superoxide dismutase ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระประเภท metalloprotein สามารถเพิ่มความต้านทานต่อการถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระของเซลล์พืช (oxidative stress) (Lin *et al.,* 1995) ดังนั้นการใส่หินบะซอลต์ฝุ่นซึ่งมีทองแดงและสังกะสีเป็นองค์ประกอบ (45.93, 97.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อาจช่วยให้ลดการเกิดอนุมูลอิสระภายในเซลล์ลงทำให้ลดหรือยืดการเกิดการเสื่อมสภาพในหัวมันสำปะหลังได้ และเนื่องจากก่อนการเก็บเกี่ยว 1 วันมีฝนตก ทำให้ง่ายต่อการขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากดิน ลดความเสียหายจากการเก็บเกี่ยวได้มากกว่าดินแห้ง ซึ่งมีรายงานว่าการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจากดินที่ผ่านการเปียกน้ำมีผลทำให้การเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาช้าลง 24 ชั่วโมง อาการของการเสื่อมสภาพจะเกิดขึ้นหลังเก็บเกี่ยวจากดินเปียก 48 ชั่วโมง (Indira and Omar, 2003) นอกจากนี้การใส่หินฝุ่นซึ่งมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบอาจช่วยส่งเสริม Cell membrane stability และโครงสร้างของผนังเซลล์ให้แข็งแรงขึ้นทำให้ทนต่อการกระแทก หรือสามารถสมานแผล (healing) เร็วขึ้น เนื่องจากแคลเซียมทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังเซลล์ต่าง ๆ โดยอยู่ในรูปของ Calmodulin (Ca+protein) เพื่อตอบสนองต่อการเกิดบาดแผลในพืช (León et al., 2001)

4.2.6.6 ปริมาณไซยาไนด์รวม (Total Cyanide: CNT) ในหัวมันสำปะหลัง พบว่า ที่อายุ 12 เดือน ปริมาณ CNT ในมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณ CNT สูงที่สุดเท่ากับ 114.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กับมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณ CNT เท่ากับ 84.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นค่า CNT ต่ำที่สุดที่วิเคราะห์ได้ ในขณะที่ตำรับควบคุมมีปริมาณ CNT เท่ากับ 103.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณ CNT เท่ากับ 100.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง พันธุ์มันสำปะหลัง

ที่มีปริมาณ CNT สูงที่สุดจากค่าเฉลี่ยในทุกตำรับทดลองคือ พันธุ์ห้วยบง 60 มีปริมาณ CNT เท่ากับ 116.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือพันธุ์ระยอง 7 เท่ากับ 101.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพันธุ์ระยอง 9 เท่ากับ 84.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งปริมาณ CNT ในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) และความแตกต่างของพันธุ์แสดงปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับระดับของตำรับปุ๋ยที่แตกต่างกัน แสดงว่าปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณ CNT ในมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ ซึ่งมีรายงานว่าปริมาณไซยาไนด์จะเพิ่มตามปริมาณของปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากสารลินามารินที่เป็นสารตั้งต้นของไฮโดรเจนไซยาไนด์มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และลดลงตามปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้น (Susan et al., 2005)

4.2.6.7 ปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพคติน จากการวิเคราะห์พบว่า มันสำปะหลังทุกพันธุ์ในทุกตำรับทดลองมีปริมาณอะมิโลสเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณอะมิโลสอยู่ระหว่าง 17.70-19.50% มันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอะมิโลสเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 17.70% สูงที่สุดคือมันสำปะหลังในตำหรับควบคุม มีปริมาณอะมิโลสเท่ากับ 19.50% รองลงมาคือ มันสำปะหลังที่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ และมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มีปริมาณอะมิโลสเฉลี่ยเท่ากับ 19.07% และ 19.28% ตามลำดับ พันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ พันธุ์ระยอง 7 รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 และพันธุ์ห้วยบง 60 ตามลำดับ มีปริมาณอะมิโลสเท่ากับ 18.35%, 18.84%, และ 19.47% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) ซึ่งจากการตรวจเอกสารพบว่า ปริมาณอะมิโลสในหัวมันสำปะหลังส่วนมากจะมีค่าอยู่ระหว่าง 13-21% (Alves, 2002) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลเพคตินพบว่า มันสำปะหลังทุกพันธุ์ในทุกตำรับทดลองมีปริมาณอะมิโลเพคตินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอะมิโลเพคตินเฉลี่ยตามเปอร์เซ็นต์ของปริมาณอะมิโลสอยู่ระหว่าง 80.50-82.30% พันธุ์มันสำปะหลังที่แตกต่างกันไม่แสดงปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับระดับของปริมาณหินฝุ่นแต่ละชนิด

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของปริมาณเปลือกและเนื้อหัวมันสำปะหลัง (%) 3 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ

พันธุ์	ปริมาณเปลือก (%)	ปริมาณเนื้อหัว (%)
ระยอง 7	13.46 b	86.54 a
ระยอง 9	16.83 a	83.17 b
ห้วยบง 60	12.88 b	87.12 a
F-test	**	**
CV (%)	24.73	4.9
ตำรับ	**ปริมาณเปลือก (%)**	**ปริมาณเนื้อหัว (%)**
ควบคุม	15.52	84.48
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	14.59	85.41
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	13.39	86.61
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	14.03	85.97
F-test	ns	ns
CV (%)	29.18	4.16

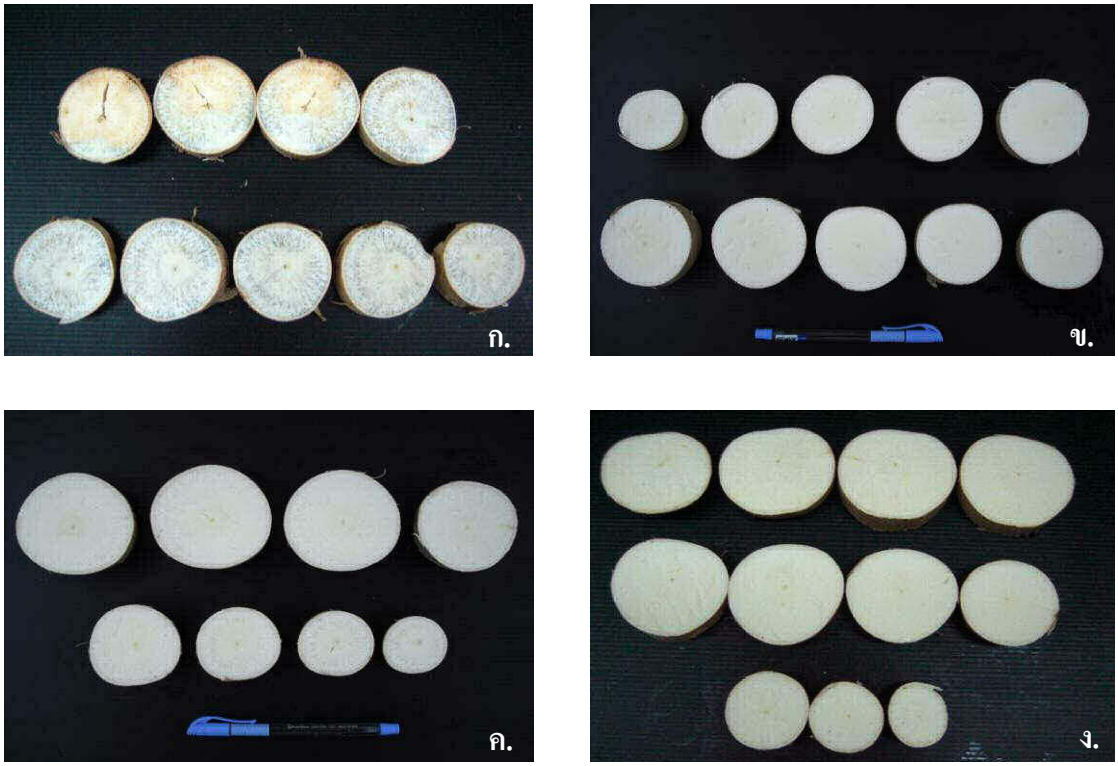
ns, ** ไม่แตกต่างทางสถิติ, แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.01 ตามลำดับ

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรคนละชนิด แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับที่ 0.05 (DMRT)

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของคะแนนการเสื่อมสภาพ ปริมาณไซยาไนด์รวม ปริมาณอะมิโลส และปริมาณอะมิโลเพกติน ในหัวมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยตำรับต่าง ๆ

พันธุ์	คะแนนการเสื่อมสภาพ[1]	ปริมาณไซยาไนด์รวม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ปริมาณอะมิโลส (%)	ปริมาณอะมิโลเพคติน (%)
ระยอง 7	2.70	101.51 c	18.35	81.65
ระยอง 9	2.46	84.53 b	18.84	81.16
ห้วยบง 60	2.35	116.34 a	19.47	80.53
F-test	ns	**	ns	ns
CV (%)	34.97	4.2	16.75	3.9
ตำรับ	**คะแนนการเสื่อมสภาพ**	**ปริมาณไซยาไนด์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)**	**ปริมาณอะมิโลส (%)**	**ปริมาณอะมิโลเพคติน (%)**
ควบคุม	2.68	103.52 ab	19.50	80.50
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	2.54	100.97 b	19.28	80.72
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	2.21	114.50 a	19.07	80.93
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	2.59	84.19 c	17.70	82.30
F-test	ns	**	ns	ns
CV (%)	22.46	11.75	10.95	2.55

ns, ** ไม่แตกต่างทางสถิติ, แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.01 ตามลำดับ [1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรคนละชนิด แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับที่ 0.05 (DMRT)



ภาพที่ 4.5 การเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยา (PPD) ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม หลังจากเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 9 วัน

ก. ควบคุม

ข. ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่

ค. ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่

ง. ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร

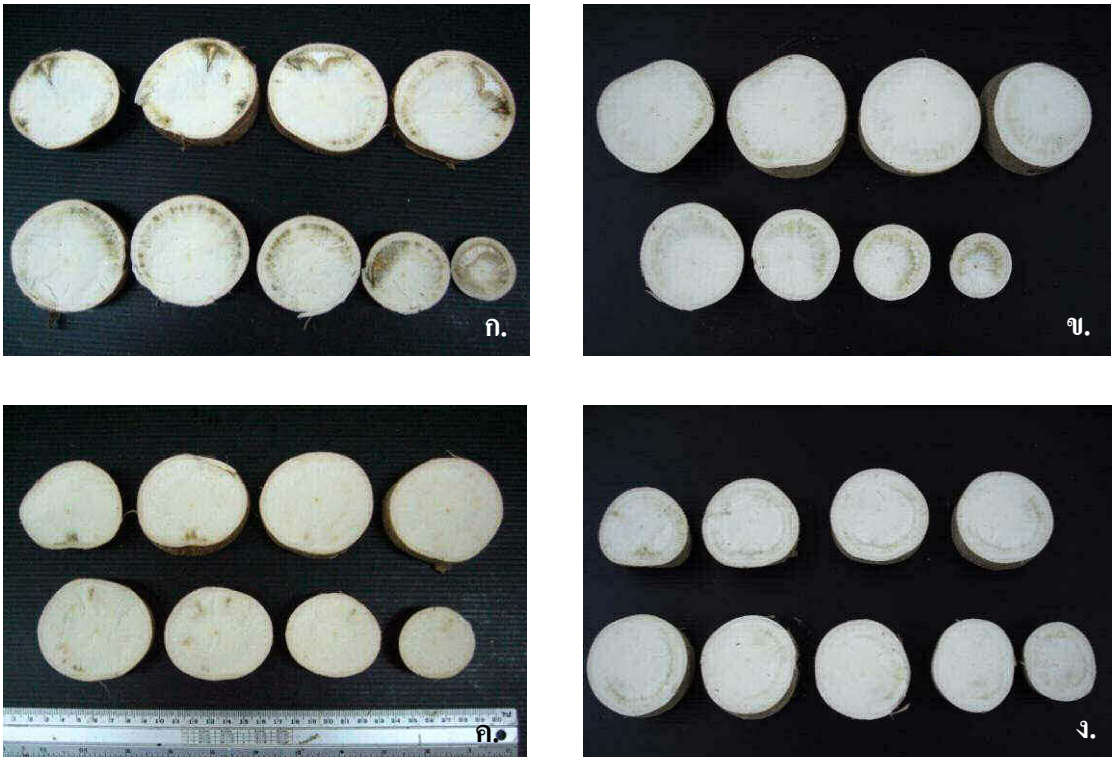
ภาพที่ 4.6 การเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยา (PPD) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 7 ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม หลังจากเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 9 วัน

ก. ควบคุม

ข. ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่

ค. ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่

ง. ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่



ภาพที่ 4.7 การเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยา (PPD) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม หลังจากเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 9 วัน

ก. ควบคุม

ข. ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่

ค. ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่

ง. ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลของหินฝุ่นต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ

5.1.1 อัตราการเจริญเติบโต แสดงโดยความสูงเฉลี่ยของต้นมันสำปะหลังในช่วงอายุ 6 เดือน แตกต่างกันไม่ชัดเจนมากนัก แต่ค่อนข้างชัดเจนในช่วงอายุ 8 เดือน การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะ-ซอลต์ฝุ่นในอัตรา 50:150 และ 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้มันสำปะหลังทุกพันธุ์/สายพันธุ์มีการเจริญเติบโตทางลำต้นเพิ่มขึ้นถึง 55.64% และ 55.63% ตามลำดับ ในขณะที่ตำรับควบคุมมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเพียง 37.80%

5.1.2 ผลผลิตต่อไร่ การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นในอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ให้ผลผลิตเฉลี่ย 5.84 ตันต่อไร่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตเพียง 4.74 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังที่นำมาทดสอบมีการตอบสนองต่อการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นในอัตรา100:100 กิโลกรัมต่อไร่มากที่สุด โดยสายพันธุ์ CMR 43-08-89 ให้การตอบสนองชัดเจนที่สุด รองลงมาคือพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, ห้วยบง 60, ระยอง 7, ระยอง 9 โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 6.35, 6.24, 6.04, 5.5 และ 5.13 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 4)

5.1.3 เปอร์เซ็นต์แป้ง ปริมาณแป้งที่วัดจากเครื่องชั่ง Reimann Scale ในแต่ละตำรับทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22.04-23.68% ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยตำรับควบคุมให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดเท่ากับ 23.68 ต่ำที่สุดคือการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นในอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีเปอร์เซ็นต์แป้งเท่ากับ 22.04% ขณะที่เปอร์เซ็นต์แป้งในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดเท่ากับ 24.28% สายพันธุ์ CMR 43-08-89 มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำที่สุดเท่ากับ 20.78%

5.1.4 ผลผลิตแป้งเฉลี่ยต่อไร่ การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี แก่มันสำปะหลัง ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 1,405.15 กิโลกรัมต่อไร่

และการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1,248.76 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุมมีผลผลิตแป้งเฉลี่ยเท่ากับ 1,276.75 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่มันสำปะหลังพันธุ์เกษตร-ศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยมากที่สุดในทุกตำรับทดลอง ผลผลิตแป้งต่ำที่สุดคือพันธุ์ระยอง 7 โดยมีผลผลิตแป้งเฉลี่ยเท่ากับ 1,184.87 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

5.1.5 ดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest Index : HI) มันสำปะหลังทุกพันธุ์/สายพันธุ์ที่อายุ 8 เดือน ในแต่ละตำรับการทดลองมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 0.53-0.64 โดยมันสำปะหลังที่ใส่หินบะ-ซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.64 ส่วนที่มันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นในอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าดัชนีเก็บ-เกี่ยวเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.53 นอกจากนี้ยังพบว่า ในทุกตำรับการทดลอง มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.62 และพันธุ์ห้วยบง 60 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยต่ำที่สุด

5.2 ผลของหินฝุ่นผสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ เคมี และสรีรวิทยาของหัวมันสำปะหลัง ในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ

5.2.1 อัตราการเจริญเติบโต แสดงโดยความสูงเฉลี่ยของต้นมันสำปะหลังในช่วงอายุ 4-8 เดือนไม่แตกต่างมากนัก แต่ค่อนข้างแตกต่างอย่างชัดเจนในช่วงอายุ 10 เดือน โดยการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นในอัตรา 50:150 และ 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีการเจริญเติบโตทางลำต้นเพิ่มขึ้นจาก 6 เดือน 54.20% และ 52.30% ตามลำดับ ในขณะที่ตำรับควบคุมมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเพียง 37.80% และการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นในอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 39.99% ค่าเฉลี่ยของจำนวนกิ่งอยู่ระหว่าง 2-3 กิ่งต่อต้น พันธุ์ระยอง 9 มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 2 กิ่งต่อต้น ซึ่งแตกต่างกันกับพันธุ์ระยอง 7 และพันธุ์ห้วยบง 60 ที่มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 3 กิ่งต่อต้น

5.2.2 ผลผลิตต่อไร่ มันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโล-กรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดคือ 8.51 ตันต่อไร่ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 7.41 ตันต่อไร่ ส่วนมันสำปะหลังใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 50:150 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 7.10 ตันต่อไร่ ซึ่งค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับตำรับควบคุม สำหรับพันธุ์ที่ให้ผล

ผลิตเฉลี่ยสูงสุดคือ พันธุ์ห้วยบง 60 (9.57 ตันต่อไร่) ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ พันธุ์ระยอง 7 (6.62 ตันต่อไร่)

5.2.3 เปอร์เซ็นต์แป้ง การวัดแป้งด้วยเครื่องชั่ง Reimann scale พบว่าเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25.57-28.47% ซึ่งแต่ละตำรับปุ๋ยไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด (28.47%) และที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะ-ซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำที่สุด (25.57%) แต่เมื่อคำนวณผลผลิตแป้งเฉลี่ยต่อไร่พบว่ามันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่มีผลผลิตแป้งเฉลี่ยเท่ากับ 2,352.69 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าในตำรับควบคุม 86.99 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่หินปูนและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่มีผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2,535.08 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ที่ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุดคือพันธุ์ห้วยบง 60 เท่ากับ 2,555.19 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำที่สุดคือพันธุ์ระยอง 7 ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยเท่ากับ 2,071.40 กิโลกรัมต่อไร่

5.2.4 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest Index : HI) มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ที่อายุ 12 เดือนในแต่ละตำรับการทดลองมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.62-0.66 โดยตำรับควบคุมมีค่าดัชนีเก็บ-เกี่ยวเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.66 ขณะที่มันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.62 ซึ่งการใส่หินฝุ่นไม่มีผลทำให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันทางสถิติ และพันธุ์ห้วยบง 60 และ ระยอง 7 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยในทุกตำรับการทดลองเท่ากันคือ 0.64 ขณะที่พันธุ์ระยอง 9 มีค่าเท่ากับ 0.63

5.2.5 ความหนาของเปลือกมันสำปะหลัง ที่อายุ 12 เดือนพบว่าความหนาของเปลือกอยู่ระหว่าง 1.97-2.49 มิลลิเมตร ซึ่งความหนาของเปลือกมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ตามลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลัง โดยพันธุ์ระยอง 9 มีความหนาเฉลี่ยของเปลือกมากที่สุด โดยมีความหนาของเปลือกอยู่ระหว่าง 2.22-2.49 มิลลิเมตร รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 7 มีความหนาเปลือกอยู่ระหว่าง 1.97-2.19 มิลลิเมตร และห้วยบง 60 มีความหนาเปลือกอยู่ระหว่าง 2.02-2.12 มิลลิเมตร ซึ่งแต่ละตำรับปุ๋ยไม่มีผลทำให้ความหนาของเปลือกมีความแตกต่างกันทางสถิติ

5.2.6 เปอร์เซ็นต์เนื้อและเปลือก ในแต่ละตำรับการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์ของเปลือกเฉลี่ยของมันสำปะหลังทุกพันธุ์อยู่ระหว่าง 13.39-15.52% และมีเปอร์เซ็นต์เนื้อเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 84.48-86.61% โดยมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่มีเปอร์เซ็นต์ของเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 13.39% ขณะที่ตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์เปลือกเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 15.52% ซึ่งแต่ละตำรับปุ๋ยไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของเปลือกมีความแตกต่างกันทาง

สถิติ แต่พันธุ์มันสำปะหลังมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เปลือกและเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพันธุ์ห้วยบง 60 มีเปอร์เซ็นต์ของเปลือกต่ำที่สุดเท่ากับ 12.88% ขณะที่พันธุ์ระยอง 9 มีเปอร์เซ็นต์ของเปลือกสูงที่สุดเท่ากับ 16.83%

5.2.7 ปริมาณธาตุอาหารในใบและลำต้น ในแต่ละตำรับการทดลองพบว่า ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบและลำต้นของมันสำปะหลังที่ได้แสดงถึงความสมบูรณ์ของต้นพืชที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณแคลเซียม 0.67-0.95%, ปริมาณแมกนีเซียม 0.32-0.51% และมีเหล็กประมาณ 109.27-154.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ทองแดง 3.66-5.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, แมงกานีส 59.52-85.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, และสังกะสี 47.61-56.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.2.8 การเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว (PPD) การใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มการเกิด PPD ในมันสำปะหลังทุกพันธุ์ต่ำที่สุดเท่ากับ 15.23% สูงที่สุดในมันสำปะหลังตำรับควบคุมเท่ากับ 27.96% และพันธุ์ห้วยบง 60 มีแนวโน้มการเกิด PPD น้อยที่สุดเท่ากับ 18.78% มากที่สุดในพันธุ์ระยอง 7 เท่ากับ 29.34% ตรวจพบการเกิด PPD ในมันสำปะหลังที่ใส่หินฝุ่นหลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว 9 วัน และพบในตำรับควบคุมหลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว 7 วัน

5.2.9 ปริมาณไซยาไนด์รวม (Total Cyanide: CNT) ในหัวมันสำปะหลัง ที่อายุ 12 เดือน ในมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณ CNT สูงที่สุดเท่ากับ 114.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับมันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่มีปริมาณ CNT ต่ำที่สุดเท่ากับ 84.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง และพบว่าปุ๋ยแต่ละตำรับมีผลต่อปริมาณ CNT ในมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ พันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณ CNT สูงที่สุดจากค่าเฉลี่ยในทุกตำรับทดลองคือ พันธุ์ห้วยบง 60 มีปริมาณ CNT เท่ากับ 116.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 7 เท่ากับ 101.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพันธุ์ระยอง 9 เท่ากับ 84.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

5.2.10 ปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพคติน มันสำปะหลังทุกพันธุ์ในทุกตำรับทดลองมีปริมาณอะมิโลสเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณอะมิโลสอยู่ระหว่าง 17.70-19.50% มันสำปะหลังที่ใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 150:50 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอะมิโลสเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 17.70% สูงที่สุดคือมันสำปะหลังในตำหรับควบคุมมี

ปริมาณอะมิโลสเท่ากับ 19.50% พันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณอะมิโลสเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ พันธุ์ระยอง 7 รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 และ พันธุ์ห้วยบง60 ตามลำดับ มีปริมาณอะมิโลสเท่ากับ 18.35%, 18.84% และ 19.47% ตามลำดับ และมีค่าอะมิโลเพคตินเฉลี่ยตามสัดส่วนของปริมาณอะมิโลสอยู่ระหว่าง 80.50-82.30%

ข้อเสนอแนะ

การใส่หินฝุ่นร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเสริมธาตุอาหารที่จำเป็นแก่มันสำปะหลัง สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังได้ แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมัน เนื่องจากเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังนั้นขึ้นกับลักษณะของแต่ละพันธุ์ ดังนั้นการใส่หินฝุ่นร่วมกับปุ๋ยเคมีในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง และช่วยดึงศักยภาพของมันสำปะหลังออกมาได้อย่างเต็มที่ จากงานวิจัยนี้พบว่าการใส่หินปูนฝุ่นและหินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 100:100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลดีที่สุดทั้งในด้านผลผลิต ลักษณะทางกายภาพและเคมี รวมถึงมีแนวโน้มทำให้การเกิดการเสื่อมสภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวต่ำที่สุดด้วย และการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลัง ยังพบว่าการใส่หินฝุ่นทั้งสองชนิดมีผลทำให้การเกิดการเสื่อมสภาพช้ากว่าการไม่ใส่หินฝุ่น ดังนั้นการศึกษาผลของหินฝุ่นให้ละเอียดขึ้นจะทำให้สามารถชะลอการเกิดการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังออกไปได้

รายการอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. (2551). **สถิติการส่งออก-นำเข้า : ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.dft.moc.go.th

กรมวิชาการเกษตร. (2551). **พันธุ์มันสำปะหลัง** (ระบบข้อมูลทางวิชาการ) [ออนไลน์]. ได้จาก: http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=14

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2550). **การปลูกมันสำปะหลัง** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.doae.go.th/library/html/detail/cassava/cass1.htm

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2546). **เทคโนโลยีของแป้ง**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 303 หน้า.

กองบรรณาธิการ. (2546). โรงงานต้นแบบผลิตเอทานอลจากมันเส้น ออกแบบและก่อสร้างโดยคนไทย เทคโนโลยีใหม่ที่ประยุกต์ใช้ได้จริง. **วารสาร Engineering Today** ปีที่ 1 ฉบับที่ 01 [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.technologymedia.co.th/articledetail.asp?arid=494&pid=76

กองบรรณธิการ. (2543). มันสำปะหลัง. **สารานุกรมฉบับเยาวชนฯ เล่ม 5** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://kanchanapisek.or.th/

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และวัลลีย์ อมรพล. (2549). มันสำปะหลังทำให้ดินเสื่อมโทรมจริงหรือ. **วารสารกสิกร** 79(1): 29-37.

กาญจนา กู้โรจนวงศ์. (2541). ความสัมพันธ์ทางโครงสร้างและสมบัติของแป้งมันสำปะหลังเปรียบเทียบสายพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน. **วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. กรุงเทพฯ. 146 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2544). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. คณะเกษตร. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 528 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. (2538). **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 396 หน้า.

จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และอัจฉรา ลิ่มศิลา. (2537). ประวัติการแพร่กระจาย ความสำคัญและดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม.**เอกสารวิชาการ** ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 1-13.

ไชยรัตน์ เพ็ชรชลานุวัฒน์. (2542). ผลกระทบของพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว: อัตราปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพแป้งมันสำปะหลัง. **วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (พืชไร่นา) สาขาพืชไร่นา ภาควิชาเพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษรศาสตร์**. กรุงเทพฯ. 117 หน้า

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์เกษตร. (2552). เสวนาทิศทางมันสำปะหลังไทย. **บทวิเคราะห์ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.pandinthong.com/View Content.php?ContentID=4259

ดนัย ศุภาหาร. (2537). พฤกษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง. **เอกสารวิชาการ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 14-29.

ประภาส ช่างเหล็ก. (2550). พืชพลังงานทดแทน. **มันสำปะหลังกับอุตสาหกรรมเอทานอล : การปลูกและการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังรองรับอุตสาหกรรมเอทานอล**. [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.rdi.ku.ac.th/kasetfair49/Plant/p_47/p_47.htm

ไพฑูรย์ พงศะบุตร. (2548). มันสำปะหลัง.**สารานุกรมไทยฉบับเยาวชน ฉบับเสริมการเรียนรู้ เล่ม 5.** โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระ-เจ้าอยู่หัว, กรุงเทพฯ. 188 หน้า

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. (2543). **พันธุ์มันสำปะหลัง** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.tapiocathai.org/K1.html

ยงยุทธ โอสถสภา. (2546). **ธาตุอาหารพืช**.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ. (2546). **บทปฏิบัติการที่ 9 : มันสำปะหลัง**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิท-ยาลัยเกษตรศาสตร์ [ออนไลน์]. ได้จาก: http://158.108.200.11/agron/lesson9.shtml#pic1

เรณู ขำเลิศ, อัศจรรย์ สุขธำรง และศุภชัย สารกาญจน์. (2549).**โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง (การพัฒนาท่อนพันธุ์ที่มีคุณภาพและควบคุมปัจจัยการผลิตอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง)**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา. 53-58.

เรณู ขำเลิศ และอัศจรรย์ สุขธำรง. (2550). เศรษฐกิจพอเพียงของผู้ปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมาจากการใช้หินฝุ่นทดแทนปุ๋ยเคมี. **เอกสารงานวิจัยเจาะประเด็นเศรษฐกิจพอเพียง : องค์ความรู้จากงานวิจัย. ส่วนวิเคราะห์และสังเคราะห์ผลงานวิจัยภารกิจวิทยาการ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)** ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอน-เวนชั่น กรุงเทพฯ 21 มิถุนายน 2550. 171-183.

ลัดดาวัลย์ เนียมฟัก. (2544). การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์แซคคาไรด์ที่เป็นแป้งและการวิเคราะห์แซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งในมันสำปะหลังและมันเทศ. **วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. กรุงเทพฯ. 140 หน้า.

วัลลีย์ อมรพล. (2549). มันสำปะหลัง 5 ตัน ง่ายนิดเดียว.**วารสารกสิกร** 79(5): 33–36.

วิไล สันติโสภาศรี, กาญจนา กู้โรจนวงศ์ และกล้าณรงค์ ศรีรอต. (2541). โครงสร้างของอะมิโลสอะมิโลเพคตินและคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่สกัดได้จากเกษตรศาสตร์ 50 ในอายุต่าง ๆ กัน. ใน **เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2541** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://kucon.lib.ku.ac.th/cgi-bin/kucon.exe?rec_id=006736&database=kucon&search_type=link&table=mona&back_path=/agre/mona&lang=thai&format_name=TFMON

สุมินทร์ สมุทคุปติ์. (2500). การศึกษาเกี่ยวกับแป้งในหัวมันสำปะหลังที่มีอายุต่าง ๆ กัน. **วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต คณะกสิกรรมและสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. กรุงเทพฯ. 17 หน้า

สุนีย์ โชตินีรนาท, ธงชัย สุวรรณสิชณน์ , เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, กล้าณรงค์ ศรีรอต และวิชัย หฤทัยธนาสันติ์. (2548). การพัฒนากระบวนการผลิตฟลาวมันสำปะหลังไซยาไนด์ต่ำจากพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. **เอกสารประกอบการนำเสนอบทความวิชาการ (เฉพาะบทคัดย่อ) การประชุมประจำปี สวทช. 2548 “ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทยสู่เศรษฐกิจยุคโมเลกุล”** 28-30 มีนาคม 2548 [ออนไลน์]. ได้จาก: www1.stkc.go.th/redirect.php?id=3456&g=stportal

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2551). **มันสำปะหลัง** : เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายภาค ปี 2548-2550 [ออนไลน์]. ได้จาก: www.oae.go.th/DOCOAE

ศูนย์ข้อมูลทางการเกษตร สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2552). การเพาะเห็ดฟางด้วยเปลือกมันสำปะหลัง [วีดิทัศน์] [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.eto.ku.ac.th/ramweb/ vcag118.html

อัจฉรา ลิ่มศิลา และจรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา. (2537). ชนิดและพันธุ์มันสำปะหลัง. **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง**. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 41-69.

อัศจรรย์ สุขธำรง, เรณู ขำเลิศ และจารุวรรณ วีระเศรษฐกุล. (2549). ดิน ปุ๋ย และการจัดการเพื่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง. **เอกสารเชิงวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีร่วมกับสำนัก-**

งานจังหวัดนครราชสีมา และสมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออก เฉียงเหนือ. 66-71.

อัศจรรย์ สุขธำรง และเรณู ขำเลิศ. (2550). เทคนิคการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่. **รายงานประจำปี 2550 สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. 66-71.

โอภาษ บุญเส็ง, วิไล สันติโสภาศรี, อนุศาสตร์ สุ่มมาตย์ และดลใจ แพทย์กระโทก. (2542). อิทธิพลของฤดูปลูก พันธุ์ อายุเก็บเกี่ยว ต่อคุณสมบัติทางชีวเคมีในหัวมันสำปะหลัง. **วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.)** 33: 497-506.

Aalbersberg, W.G.L. and Limalevu, L. (1991). Cyanide content in fresh and processed Fijian cassava (*Manihot esculenta*) cultivars. **Tropical Science.** 31: 249-256.

Aletor, V. A. and Adeogun, O. A. (1995). Nutrient and anti-nutrient components of some tropical leafy vegetables. **Food Chem**. 53: 375-379.

Alves, A. A. C. (2002). Cassava Botany and Physiology. **Cassava: Biology,Production and Utilization**. 67-89.

Ameny, M.A. 1990. Traditional post-harvest technology of cassava in Uganda. **Tropical Science**. 30: 41-50.

Beeching, J.R., Reilly, K., Gómez-Vásquez, R., Li, H., Han, Y., Rodriguez, M.X., Buschmann, H., Taylor, N., Fauquet and C., Tohme, J. (2002). Post-harvest physiological deterioration of cassava. *In*: Nakatani, M., Komaki, K., eds. **12th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops: Potential of root crops for food and industrial resources.** Tsukuba : Cultio. 60-66.

Bokanga, M. (n.p.). Post-harvest operations. **International Institute of Tropical Agriculture** [On-line]. Available: http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch12.htm

Booth, R. H. (1976). Storage of fresh cassava, *Manihot esculenta* I. Postharvest deterioration and its control. **Cambridge J. Experimental Agriculture**. 12: 103–111.

Bradbury, M. G., Egan, S.V., and Bradbury, J. H. (1999) Determination of all forms of cyanogens in cassava roots and cassava products using picrate paper kits. **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 79: 593-601.

Chavez, A. L., J. M, Bedoya, T. Sánchez, C. Iglesias, H. Ceballos, and W. Roca. (2000). Iron, carotene, and ascorbic acid in cassava roots and leaves. **Food and Nutrition Bulletin.** 21: 410-413.

Coursey, D.L. (1979). Cassava as food: toxicology and technology. In B. Nestel and R. MacIntyre (eds.)**. Chronic Cassava Toxicity**. International Development Reserch Centre. Ottawa, Canada. 27-36.

D'aquino, S., Palma, A., Tedde, M., and Fronteddu, F. (2002). Effect of preharvest and postharvest calcium treatments on chilling injury and decay of cold stored 'Fortune' mandarins **Acta hort** ISSN 0567-7572 [On-line]. Available: http://cat.inist.fr/?a Modele = Affiche N&cpsidt=17498928

Echeverry, J., Chavez, A. L., Sanchez, T., Calle, F., Ceballos, H., and Roca Y. W. (2001). Improve cassava for developing world (Poster). **Centro International de Agricultura Tropical**. Cali Columbia [On-line]. Available: http://www.danforthcenter.org

Ihedioh, O.C., Akingbala, J. O., and Oguntimein, G. B. (1996). Effect of holding cassava roots up to four days on quality characteristics of flour milled from the root. **Journal of food processing and preservation**. 20: 13-23.

Indira, J.E. and Omar, L. (2003). Genotypic variations in physiological deterioration of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) storage roots under inland valley conditions. J. **Food, Agriculture & Environment.** 12: 108-111.

Karlsson, B.H. and Palta, J.P. (2003). Enhancing tuber calcium by in-season calcium application can reduce tuber bruising during mechanical harvest. **ISHS Acta Horticulturae 619 : XXVI International Horticultural Congress: Potatoes, Healthy Food for Humanity** : International Developments in Breeding, Production, Protection and Utilization. 285-291.

Kojima, M., Iwatsuki, N., Data, E.S., Villegas, C. D.V., and Uritani, I. (1983). Changes of cyanide content and linamarase activity in wounded cassava roots. **Plant Physiology.** 72: 186-189.

León, J., Rojo, E. and Sánchez-Serrano, J.J. (2001). Wound signaling in plant. **Journal of experiment botany.** 52: 1-9.

Lin, C-T., Lin, M-T., Chen, Y-T. and Shaw, J-F. (1995) The gene structure of Cu/Zn-superoxide dismutase from sweet potato. **Plant Physiology.** 108: 827-828.

Marta S. M. and Francisca S. C. (2000). The chemical composition of “Multimistura” as a food supplement. **Food Chemistry**. 68: 41-44.

Okeke, J.E. (1980). Cassava varietal improvement for processing and utilization in livestock feeds. **Cassava as livestock feed in Africa** [On-line]. Available: http://www.fao.org/Wair

docs/ILRI/x5458E/x5458e0b.htm#cassava varietal improvement for processing and utilization in livestock feeds

Ravindran, V., Kornegay, E.T., Webb Jr., K.E. and Rajaguru, A.S.B. (1982). Nutrient characterization of some feedstuffs of Sri Lanka. **J. Nut. Agric. Soc. Ceylon.** 19: 19-32.

Reilly, K., Roc´ıo G´omez-V., Buschmann, H., Tohme, J., and Beeching, J.R. (2004). Oxidative stress responses during cassava post-harvest physiological deterioration. **Plant Molecular Biology.** 56: 625–641 [On-line]. Available: http://www.springerlink.com/content/r594n8072574m7g8/fulltext.pdf

Rickard, J. E. and Gahan, P. B. (1983). The development of occlusions in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root xylem vessels. **Annals of Botany.** 52: 811-821. [On-line]. Available: http://aob.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/52/6/811

Ritenour, M. A., Wardowski,W. F., and Tucker, D. P. (2003). Effects of water and nutrients on the postharvest quality and shelf life of citrus. **Water and Florida Citus** [On-line]. Available: http://edis.ifas.ufl.edu/CH158

Sams, C. E., and Conway, W. S. (2002). Preharvest nutritional factors affecting postharvest physiology. **Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables:Second edition Revised and Expanded.** 161-176.

Sánchez, T., Chávez, A. L., Ceballos, H., Rodriguez-Amaya, D.B., Nestel, P., and Ishitami, M. (2004). Reduction or delay of post–harvest physiological deterioration in cassava roots with higher higher carotenoid content. **Journal of the science of food and agriculture.** 86: 634-639.

Susan J., K., Ravindran, C.S., and James, G. (2005). Three Decades Experiment in Cassava: **Long Term Fertilizer Experiments.** Central Tuber Crops Research Institute**,** India**:** 83 p.

Wenham, J. E. (2004). Post-harvest deterioration of cassava. **FAO Plant Production and Protection Paper 130** [On-line]. Available: http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch12.htm

Wheatley, C., Lozano, C., and Gomez, G. (1985). Post-harvest deterioration of cassava roots, in cassava: **Research, Production and Utilization, Ed. By Cock, J.H. and Reyes, J.A.UNDP-CIAT,** Cali. 656-671.

Zidenga, T., Siritunga, D., and Sayre, R. (2006). Cyanide metabolism, protein production and post-

harvest physiological deterioration in cassava 2006 **Midwest ASPB Sectional Meeting The University of Illinois** at Chicago March 24-25, 2006. [On-line]. Available: http://www.aspb.org/sections/midwestern/MW2006.pdf

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์

(ดัดแปลงจาก หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้งสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ม.เกษตรศาสตร์**)**

สารเคมี

1. กรดฟอสฟอริก 0.1 โมลาร์เตรียมโดยดูดกรดฟอสฟอริก 1.7 มิลลิลิตรใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับให้ครบใช้น้ำกลั่น

2. ไตรโซเดียมฟอสเฟต 0.1 โมลาร์เตรียมโดยชั่งไตรโซเดียม-ฟอสเฟต 9.5031 กรัม ละลายในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตรโดยใช้น้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตร เป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร

3. สารสกัด เตรียมโดย กรดฟอสฟอริก 0.1 โมลาร์ ผสมกับแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ให้มีแอลกอฮอล์ร้อยละ 25 (โดยปริมาตร)

4. ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์เตรียมโดยผสมกรดฟอสฟอริก 0.1 โมลาร์และไตรโซเดียมฟอสเฟต 0.1 โมลาร์แล้วปรับความเป็นกรดด่างให้ได้ 6.0 และ 7.0

5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 โมลาร์เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัม ละลายน้ำและปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร

6. สารละลาย ไพริดีน/ไพราโซโลน (pyridine/pyrazolone) เตรียมโดยผสม 0.05 กรัม บีส-ไพราโซโลน และ 0.25 กรัม 3-methyl-1-phenyl-5-pyrazolone ละลายในไพริดีน 50 มิลลิลิตร (ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์)

7. สารละลายคลอรามีน ทีเตรียมโดยชั่งคลอรามีน ที 0.025 กรัม ละลายในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร (ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์)

8. สารละลายเอนไซม์ลินามาเรส 5 ยูนิตต่อมิลลิลิตร เตรียมโดยละลายโดยใช้ฟอสเฟตบัฟ-เฟอร์ที่มีความเป็นกรดด่าง 6.0

วิธีวิเคราะห์

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. เตรียมโซเดียมไซยาไนด์ความเข้มข้น 0 ถึง 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ละความเข้มข้นดูดมา 0.1 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง

2. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ค่าความเป็นกรดด่าง 7.0 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเติมสารละลายเอนไซม์ลินามาเรส (Linamarase) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่า (vortex mixer)

3. บ่มหลอดตัวอย่างในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 37 °C 15 นาที

4. หยุดปฏิกิริยาโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 6.0 ปริมาตร 2.8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

6. เติมสารละลายคลอรามีน ที (chloramine T) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

7. บ่มหลอดในน้ำเย็น เป็นเวลา 5 นาทีเติมสารละลายไพริดีน/ไพราโซโลน ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

8. บ่มหลอดตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

9. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมไซยาไนด์และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และสร้างสมการเส้นตรงที่ผ่านจุดกำเนิดของกราฟ อ่านค่าความชัน

การวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ในตัวอย่าง (เนื้อมันสด)

1. ชั่งตัวอย่าง (เนื้อมันสด 50 กรัม หั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาดไม่เกิน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร) (A) (ร้อยละของความชื้น, M) เติมสารที่ใช้สกัด 150 มิลลิลิตร (B) ปั่นด้วยเครื่องปั่นบด (Homogenizer) 1นาทีแล้วกรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1

2. ปิเปตส่วนใสของตัวอย่างที่สกัดได้ 0.1 มิลลิลิตร (สำหรับสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไซยาไนด์ที่ความเข้มข้น 0 ถึง 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตปริมาตร 0.1 มิลิลิตร)

3. เติม 0.1 โมลาร์ฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 7.0 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตรเขย่า จากนั้นเติมเอนไซม์ลินามาเรส 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

4. เติม 0.2 โมลาร์โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.6 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5. เติม 0.2 โมลาร์ฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 6.0, 2.8 มิลลิลิตร เขย่า และเติมสารละลายคลอรามีน ที 0.2 มิลลิลิตร เขย่า แล้วบ่มในน้ำเย็น 5 นาที

6. เติมสารละลายไพริดีน/ไพราโซโลน 0.8 มิลลิลิตร เขย่า บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 40 นาที แต่ไม่ควรเกิน 180 นาทีและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร (C)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไซยาไนด์ (มิลลิกรัม HCN ต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง)} = \frac{B \times C \times \text{อัตราการเจือจางของตัวอย่าง} \times 100}{\text{ค่าความชันของกราฟมาตรฐาน} \times A \times (100 - M) \times 10}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของตัวอย่าง

B คือ ปริมาณสารที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)

C คือ ค่าการดูดกลืนแสง

M คือ ร้อยละของความชื้นของตัวอย่าง

ภาคผนวก ข วิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสในตัวอย่างแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีทำให้เกิดสี (Colorimetry)

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งสารละลายมาตรฐานอะมิโลส 0.0400 กรัม เติมเอธิลแอลกอฮอล์ 95% จำนวน 1 มิลลิ-ลิตร เขย่าเบาๆ จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 9 มิลลิลิตร ต้มในอ่างน้ำเดือด (water bath) 10 นาที

2. ปิเปตสารละลายที่ได้จากข้อ 1 จำนวน 1,2,3,4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร

3. เติมน้ำกลั่น 70 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด และปิเปตสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มิลลิลิตรตามลำดับ

4. เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่า (vortex mixer) จะได้สารละลายมาตรฐานอะมิโลสซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณมิโลสในสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้นร้อยละ 8, 16, 24, 32 และ 40 ตามลำดับ

5. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานอะมิโลส

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างแป้งมันสำปะหลัง 0.1000 กรัม (p/w) ใส่ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายเอธิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95% จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ 9 มิลลิลิตร ต้มในอ่างน้ำเดือด (water bath) 10 นาที ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 1 คืน

วิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสในตัวอย่าง

1. ปิเปตตัวอย่างจำนวน 5 มิลลิลิตร กรณีทำ blank ใช้น้ำกลั่น จำนวน 5 มิลลิลิตรแทนสาร-ละลายตัวอย่าง

2. เติมน้ำกลั่น 70 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด และปิเปตสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 1 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่า (vortex) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 20 นาที

4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตรคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์อะมิโลสโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของอะมิโลส

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงลักษณะประจำพันธุ์มันสำปะหลังที่พัฒนาพันธุ์ โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร

	ระยอง 1	ระยอง 3	ระยอง 5	ระยอง 60	ระยอง 90	ระยอง 72	ระยอง 7	ระยอง 9
สีต้น	เขียวเงิน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอมเขียว	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอมส้ม	เขียวเงิน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอมเหลือง
สีก้านใบ	เขียวปนม่วง	เขียวอ่อนปนแดง	แดงเข้ม	เขียวอ่อนปนแดง	เขียวอ่อน (ค่อนข้างขาว)	แดงเข้ม	เขียวอ่อน	เขียวอ่อนอมชมพู
สียอดอ่อน	ม่วง,มีขนเล็ก ๆ	เขียวอ่อน	ม่วงอ่อน	เขียวอมน้ำตาล	เขียวอ่อน	ม่วง	เขียวอ่อน	เขียวอ่อน
ความสูงต้นอายุ 1 ปี (ซ.ม.)	200 - 300	130 - 180	170 -220	175 - 250	160 - 200	180 - 200	183	235
ระดับการแตกกิ่งแรก (ซ.ม.)	สูง (180)	ต่ำ (80)	สูง (100)	สูง (150)	สูง (120)	ค่อนข้างสูง (140)	ไม่แตกกิ่ง	สูง (160-190)
จำนวนแตกกิ่ง	น้อย	มาก	น้อย	ปานกลาง	มาก	ปานกลาง	ไม่แตกกิ่ง	น้อย
สีเปลือกหัว	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ขาวนวล	ครีม	น้ำตาลอ่อน
สีเนื้อหัว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาวครีม	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว
ปีที่รับรองพันธุ์ (พ.ศ.)	2500	2526	2537	2530	2534	2543	2548	2549

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร ระบบข้อมูลทางวิชาการ, 2550

ตารางภาคผนวกที่ 2 ลักษณะประจำพันธุ์มันสำปะหลังที่พัฒนาพันธุ์ โดย ความร่วมมือของนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย

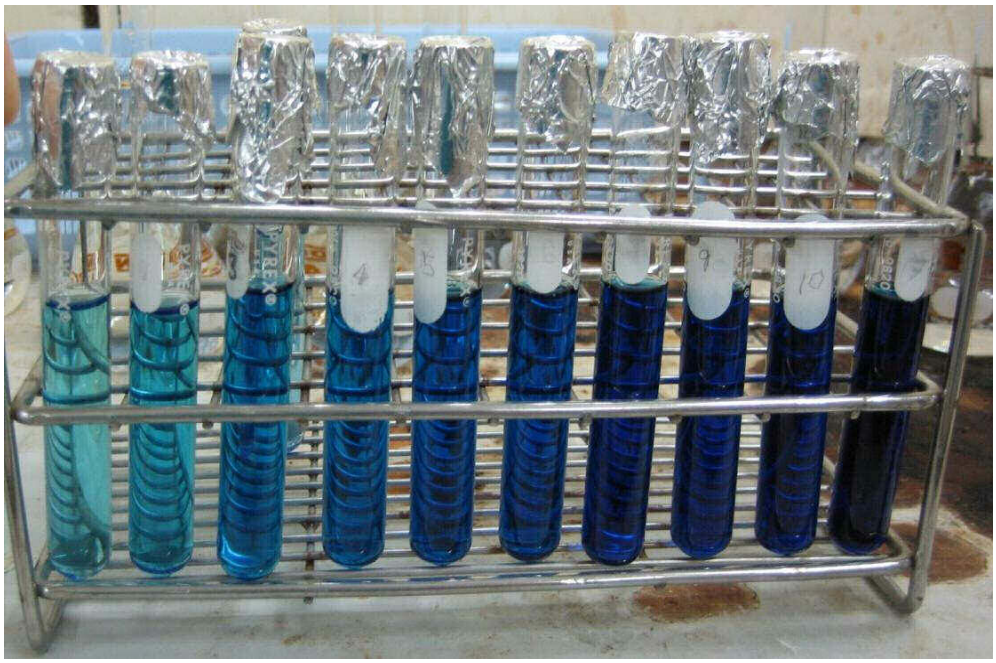
	เกษตรศาสตร์ 50	**ศรีราชา 1**	**ห้วยบง 60**	**ห้วยบง 80**
สีต้น	เขียวเงิน	เขียวเงิน	เขียวเงิน	เขียวเงิน
สีก้านใบ	เขียว	เขียวปนม่วง	เขียวอมม่วง	เขียวอมแดง
สียอดอ่อน	ม่วง (ไม่มีขนอ่อน)	เขียวปนม่วง	ม่วงอ่อน (ไม่มีขนอ่อน)	เขียวอ่อน (ไม่มีขนอ่อน)
ความสูงต้นอายุ 1 ปี (ซ.ม.)	200-300	231	180-230	200- 250
ระดับการแตกกิ่งแรก (ซ.ม.)	สูง (150)	สูง (170)	สูง (90-140)	ไม่แตกกิ่ง
จำนวนแตกกิ่ง	น้อย	น้อย	ปานกลาง	ไม่แตกกิ่ง
สีเปลือกหัว	น้ำตาล	ขาวนวล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน
สีเนื้อหัว	ขาว	ครีม	ขาว	ขาว
ปีที่รับรองพันธุ์ (พ.ศ.)	2536	2526	2546	2550

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร ระบบข้อมูลทางวิชาการ, 2550

ภาพผนวกที่ 1 แปลงเกษตรกรที่ใช้ปลูกทดสอบ อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

ภาพผนวกที่ 2 แปลงปลูกทดสอบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ภาพผนวกที่ 3 การทำปฏิกิริยาให้เกิดสีด้วยสารละลายไพริดีน/ไพราโซโลนในการวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์รวม



ภาพผนวกที่ 4 การทำปฏิกิริยาให้เกิดสีด้วยสารละลายไพริดีน/ไพราโซโลนหลังบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 620 nm

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความสูงของต้นมันสำปะหลังที่อายุ 6 เดือนที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่างๆ

ตำรับการทดลอง	เกษตรศาสตร์ 50 (เซนติเมตร)	ห้วยบง 60 (เซนติเมตร)	ระยอง 7 (เซนติเมตร)	ระยอง 9 (เซนติเมตร)	CMR43-08-89 (เซนติเมตร)
ควบคุม	132.50	122.75	105.88	124.69	127.50
ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กก./ไร่	135.38	128.75	106.56	136.44	124.88
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	141.94	135.00	124.56	149.06	129.63
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	143.44	130.75	213.38	137.00	137.19
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	132.06	121.13	110.50	134.81	130.44
หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร่	130.13	118.75	124.44	150.50	126.13
หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร	112.44	107.00	99.00	106.25	114.75

ตารางภาคผนวกที่ 4 ความสูงของต้นมันสำปะหลังที่อายุ 8 เดือนที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ

ตำรับการทดลอง	เกษตรศาสตร์ 50 (เซนติเมตร)	ห้วยบง 60 (เซนติเมตร)	ระยอง 7 (เซนติเมตร)	ระยอง 9 (เซนติเมตร)	CMR 43-08-89 (เซนติเมตร)
ควบคุม	186.25	163.13	152.81	172.50	169.38
ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กก./ไร่	202.81	202.50	185.00	201.25	182.50
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	226.25	202.44	205.44	221.50	201.31
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	227.13	205.94	215.50	213.44	206.88
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	202.50	167.19	175.00	189.38	182.81
หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร่	186.88	176.56	182.13	211.56	181.88
หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร	159.42	166.56	143.19	163.88	177.00

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลผลิตของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ

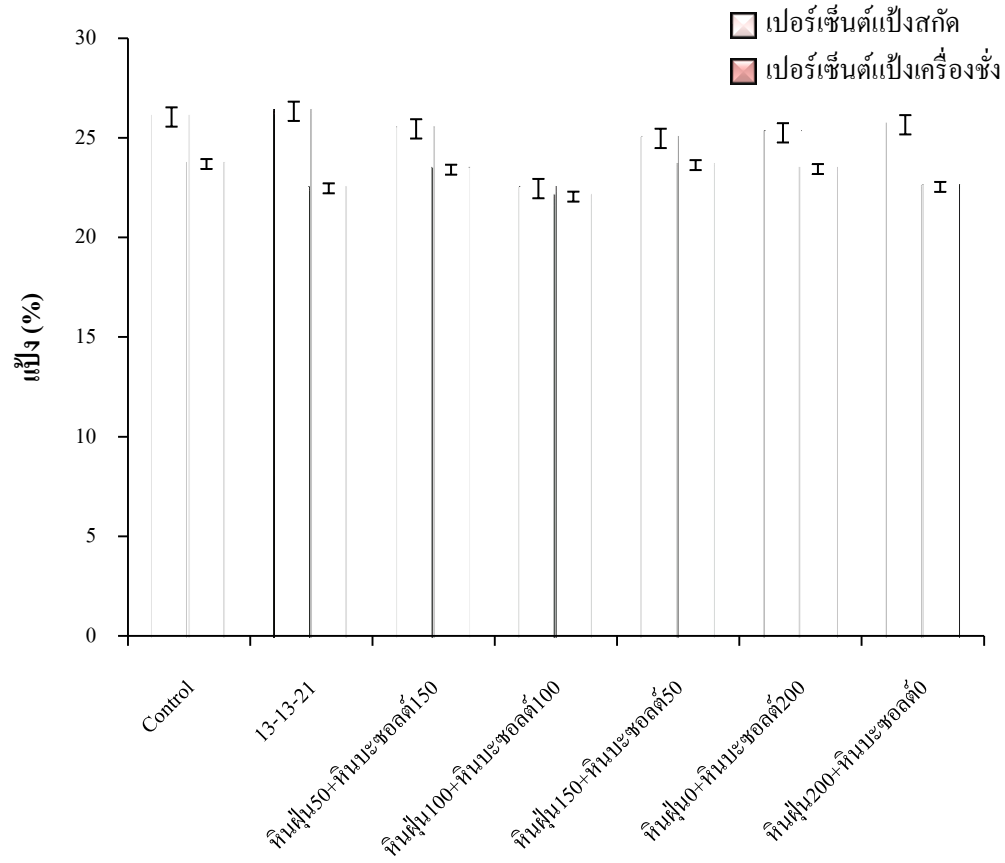
ตำรับการทดลอง	เกษตรศาสตร์ 50 (ตัน/ไร่)	ห้วยบง 60 (ตัน/ไร่)	ระยอง 7 (ตัน/ไร่)	ระยอง 9 (ตัน/ไร่)	CMR 43-08-89 (ตัน/ไร่)	ค่าเฉลี่ย
ควบคุม	5.52	4.45	5.55	4.58	4.41	4.90
ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กก./ไร่	4.79	4.56	4.44	4.02	5.9	4.74
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	5.61	6.40	5.25	5.01	5.33	5.52
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	6.24	6.04	5.46	5.13	6.35	5.84
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	5.05	5.37	3.78	4.53	6.29	5.00
หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร่	5.67	5.61	4.46	4.81	6.23	5.35
หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร	5.36	5.15	5.05	4.05	6.11	5.15
ค่าเฉลี่ย	5.46	5.37	4.86	4.59	5.80	5.22

ตารางภาคผนวกที่ 6 เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่วัดโดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann scale ในตำรับปุ๋ยต่าง ๆ

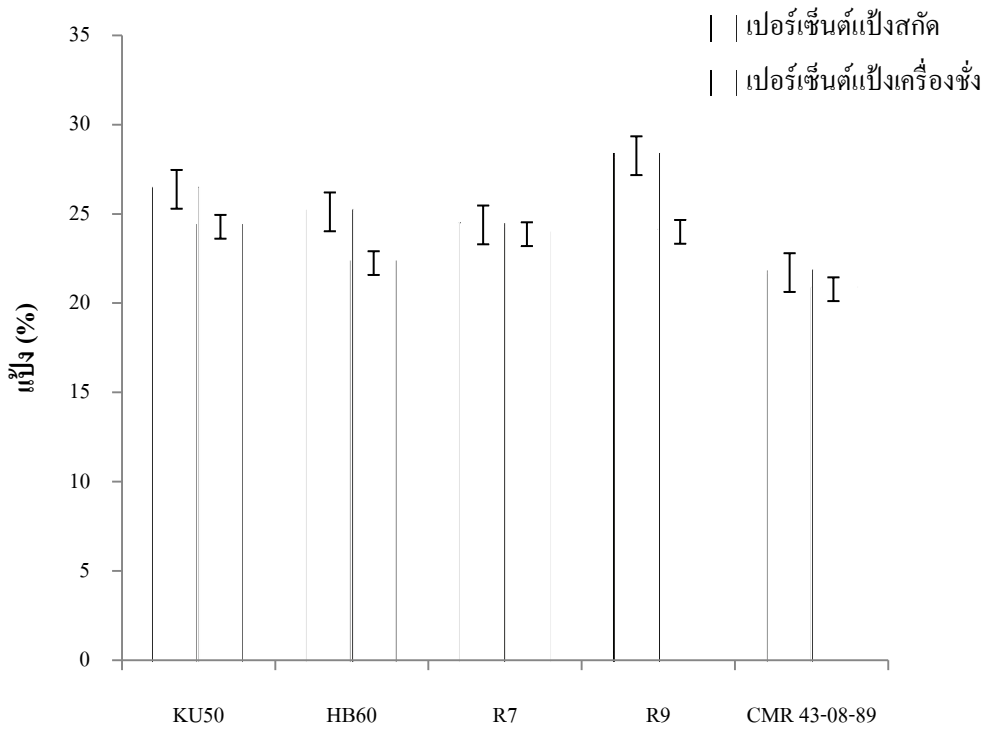
ตำรับทดลอง	เกษตรศาสตร์ 50 (%)	ห้วยบง 60 (%)	ระยอง 7 (%)	ระยอง 9 (%)	CMR 43-08-89 (%)	ค่าเฉลี่ย
ควบคุม	25.15	22.83	24.10	24.80	21.50	23.68
ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กก./ไร่	22.25	21.25	24.18	24.40	19.75	22.37
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	25.10	23.40	22.43	24.17	20.77	23.17
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	22.85	21.50	24.05	21.37	20.50	22.04
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	25.74	21.50	23.88	24.80	22.35	23.65
หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร่	24.35	22.25	24.65	25.00	20.30	23.31
หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร	24.38	21.85	23.38	22.97	20.13	22.54
ค่าเฉลี่ย	24.28	22.25	23.89	23.66	20.78	22.97

ตารางภาคผนวกที่ 7 เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่วัดโดยวิธีการสกัดโดยตรง ในตำรับปุ๋ยต่าง ๆ

ตำรับทดลอง	เกษตรศาสตร์ 50 (%)	ห้วยบง 60 (%)	ระยอง 7 (%)	ระยอง 9 (%)	CMR 08-89 (%)	ค่าเฉลี่ย
ควบคุม	27.68	31.7	23.73	26.7	20.45	26.05
ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 25 กก./ไร่	26.93	23.98	23.83	32.65	24.3	26.34
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	29.70	27.63	21.75	25.8	22.4	25.46
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	24.30	19.78	23.63	25.98	18.6	22.46
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	19.98	21.5	26.15	34.07	23.23	24.99
หินบะซอลต์ฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร่	29.25	27.03	25.63	25.93	18.45	25.26
หินปูนฝุ่นอัตรา 200 กก./ไร	26.80	24.2	25.98	26.75	24.58	25.66
ค่าเฉลี่ย	26.38	25.12	24.38	28.26	21.71	25.17



ภาพผนวกที่ 5 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้ โดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann Scale และวิธีการสกัด ในมันสำปะหลังทุกพันธุ์ จากตำรับการทดลองต่าง ๆ ที่อายุ 8 เดือน



ภาพผนวกที่ 6 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้ โดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann Scale และวิธีการสกัด ในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ จากทุกตำรับการทดลองที่อายุ 8 เดือน

ตารางภาคผนวกที่ 8 ความสูงเฉลี่ยของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่อายุ 4-12 เดือน ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ

ตำรับ	อายุ	ระยอง 7 (ซม.)	ระยอง 9 (ซม.)	ห้วยบง 60 (ซม.)
ควบคุม	4 เดือน	71.61	86.65	79.92
	6 เดือน	86.20	107.89	95.50
	8 เดือน	101.25	125.52	109.49
	10 เดือน	160.32	159.98	137.71
	12 เดือน	210.50	196.09	169.88
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	4 เดือน	64.04	79.70	63.86
	6 เดือน	90.75	98.85	108.53
	8 เดือน	101.40	118.95	117.80
	10 เดือน	175.93	168.33	173.82
	12 เดือน	212.51	211.84	231.61
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	4 เดือน	74.29	73.91	88.92
	6 เดือน	89.83	88.21	100.36
	8 เดือน	102.85	127.63	102.33
	10 เดือน	167.55	161.36	171.46
	12 เดือน	209.32	214.25	222.30
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น 150:50 กก./ไร่	4 เดือน	91.16	86.04	84.59
	6 เดือน	96.41	80.62	100.13
	8 เดือน	93.83	123.24	106.46
	10 เดือน	134.24	169.69	152.27
	12 เดือน	174.62	227.09	205.36

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลผลิตของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยในตำรับต่าง ๆ

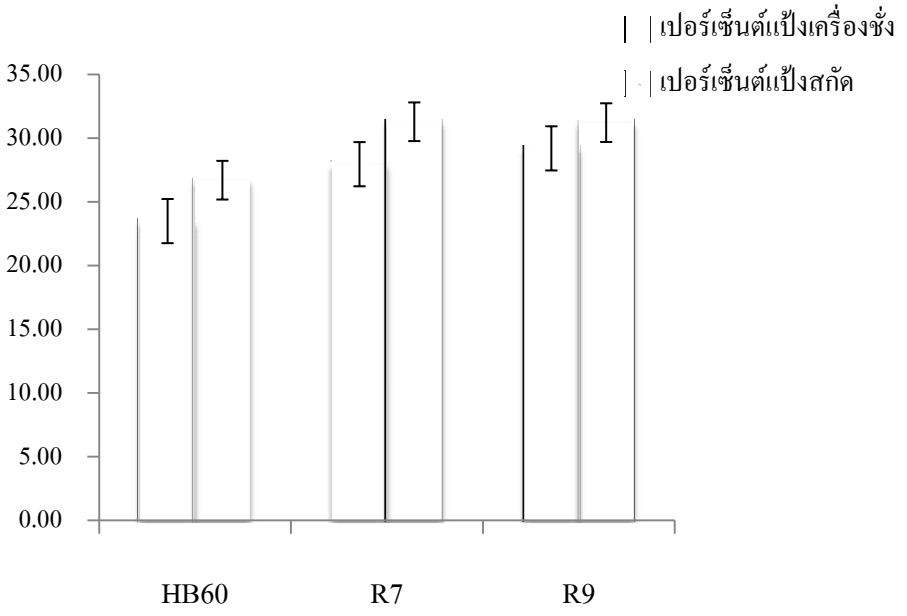
ตำรับการทดลอง	ห้วยบง 60 (ตัน/ไร่)	ระยอง 7 (ตัน/ไร่)	ระยอง 9 (ตัน/ไร่)	ค่าเฉลี่ย
ควบคุม	9.20	6.17	6.87	7.41
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	8.85	5.41	7.03	7.10
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	10.53	7.59	7.43	8.52
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	9.68	7.29	8.36	8.44
ค่าเฉลี่ย	9.57	6.62	7.42	7.87

ตารางภาคผนวกที่ 10 เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ที่วัดโดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann scale ในตำรับปุ๋ยต่าง ๆ

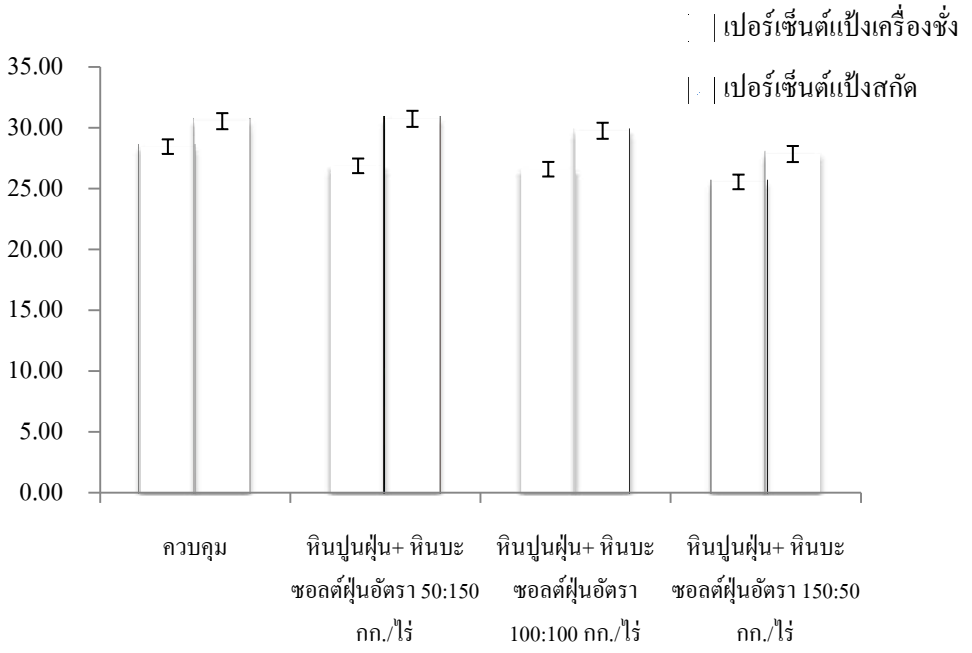
ตำรับการทดลอง	ห้วยบง 60 (%)	ระยอง 7 (%)	ระยอง 9 (%)	ค่าเฉลี่ย
ควบคุม	25.90	29.30	30.20	28.47
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	24.10	27.50	29.07	26.89
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	23.50	27.23	29.10	26.61
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	20.47	27.80	28.43	25.57
ค่าเฉลี่ย	23.49	27.96	29.20	26.88

ตารางภาคผนวกที่ 11 เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ที่วัดโดยวิธีการสกัดโดยตรง ในตำรับปุ๋ยต่าง ๆ

ตำรับการทดลอง	ห้วยบง 60 (%)	ระยอง 7 (%)	ระยอง 9 (%)	ค่าเฉลี่ย
ควบคุม	27.10	33.30	31.29	30.56
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น50:150 กก./ไร่	28.27	31.04	32.95	30.75
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น100:100 กก./ไร่	27.74	31.31	30.26	29.77
หินปูนฝุ่น+หินบะซอลต์ฝุ่น150:50 กก./ไร่	23.70	29.50	30.39	27.86
ค่าเฉลี่ย	26.70	31.29	31.22	25.57



ภาพผนวกที่ 7 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้ โดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann scale และวิธีการสกัด ในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ จากทุกตำรับการทดลองที่อายุ 12 เดือน



ภาพผนวกที่ 8 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งที่วัดได้ โดยวิธีการใช้เครื่องชั่ง Reimann scale และวิธีการสกัด ในมันสำปะหลังทุกพันธุ์ในตำรับต่าง ๆ การทดลองที่อายุ 12 เดือน

ตารางภาคผนวกที่ 12 ปริมาณธาตุอาหารในใบมันสำปะหลัง

พันธุ์	Mg (%)	Ca (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
ระยอง7	0.48	0.67	111.25	4.93	77.40	54.34
ระยอง9	0.49	0.74	121.29	4.11	75.10	49.31
ห้วยบง60	0.46	0.95	139.81	4.31	78.36	50.69
ตำรับการทดลอง	**Mg (%)**	**Ca (%)**	**Fe (ppm)**	**Cu (ppm)**	**Mn (ppm)**	**Zn (ppm)**
ควบคุม	0.51	0.69	119.50	3.78	85.66	56.96
หินปูน50+หินบะซอลต์ 150	0.32	0.95	113.63	3.66	83.96	50.17
หินปูน100+หินบะซอลต์ 100	0.51	0.79	154.04	5.45	59.52	51.04
หินปูน150+หินบะซอลต์ 50	0.50	0.70	109.28	4.91	78.66	47.61

ตารางภาคผนวกที่ 13 ปริมาณธาตุอาหารในลำต้นมันสำปะหลัง

พันธุ์	Mg (%)	Ca (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
ระยอง7	0.48	1.23	75.86	3.33	43.80	37.11
ระยอง9	0.52	1.55	66.49	6.84	35.69	33.87
ห้วยบง60	0.54	1.30	70.18	5.01	29.28	36.21
ตำรับการทดลอง	**Mg (%)**	**Ca (%)**	**Fe (ppm)**	**Cu (ppm)**	**Mn (ppm)**	**Zn (ppm)**
ควบคุม	0.55	1.74	72.54	4.87	39.27	36.64
หินปูน50+หินบะซอลต์150	0.50	1.28	75.25	4.19	32.91	37.37
หินปูน100+หินบะซอลต์ 100	0.48	1.76	63.55	5.59	34.56	34.49
หินปูน150+หินบะซอลต์ 50	0.55	0.66	72.03	5.59	38.28	34.41

ตารางภาคผนวกที่ 14 ค่าวิเคราะห์ดิน ณ แปลงเกษตรกร อ. ปักธงชัย จ.นครราชสีมา

ตัวอย่างที่	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (μS/cm)
1	5.94	83.6
2	6.02	65.9
3	6.38	66.7
4	6.44	69.6
5	6.33	74.6
6	6.54	67.9
7	6.05	76.1
8	6.27	55.8
9	6.63	46.9
10	5.89	47.6

ตารางภาคผนวกที่ 15 ค่าวิเคราะห์ดิน ณ แปลงวิจัยที่ใช้ปลูกทดสอบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่างที่	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (μS/cm)	อินทรียวัตถุ (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	โพแทสเซียม (ppm)
1	6.33	73.6	0.77	7.76	40.51
2	6.41	55.9	0.32	3.37	27.53
3	6.67	79.7	0.8	38.3	42.78
4	6.73	69.6	0.53	25.72	49.11
5	6.33	74.6	0.75	4.56	36.52
6	6.54	77.9	0.18	7.14	30.52
7	6.55	76.1	0.62	4.47	83.18
8	5.91	55.8	0.24	6.23	24.24
9	5.73	46.9	0.52	3.71	40.84
10	5.42	69.6	0.38	3.14	37.85
11	5.94	41.9	0.51	4.85	28.43
12	5.88	39.1	0.43	3.33	26.32
ค่าที่เหมาะสม	**6-7**	**-**	**>2.5**	**>16**	**> 100**

ประวัติผู้เขียน

นางสาวฉิชชาภัฏ บรรพสุวรรณ (ชื่อเดิม ฉิชนันท์) เกิดเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2525 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2541-2543 ได้เข้าศึกษาและสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนสุรนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในปีพ.ศ. 2545 เริ่มเข้าศึกษาระดับปริญญาตรีที่สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีสำเร็จการศึกษาเมื่อปีพ.ศ. 2548 โดยได้ผ่านการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ Xichang Chiatai wine & spirits Co.,Ltd. มณฑลเสฉวน ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ในปีพ.ศ. 2549 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท เอกเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาเทคโนโลยีการ-ผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนการศึกษาจากกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา สถาบันวิจัยและพัฒนา และภาคีศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พร้อมทั้งเป็นผู้ช่วยสอนและผู้ช่วยวิจัยในสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัย : ได้รับรางวัลการนำเสนอผลงานทางวิชาการ ภาคบรรยายดีเด่น อันดับ 1 สาขาพลังงานทดแทน ในการประชุมวิชาการงานเกษตรแห่งชาติ ประจำปี 2551 เรื่องผลของการผสมหินปูนฝุ่นและหินอัคนีฝุ่นร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60