ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่ง

สุกัญญา ศรีบัวขาว

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่ง

สุกัญญา ศรีบัวขาว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่ง

สุกัญญา ศรีบัวขาว

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผานิตย์ นาขยัน)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล)
รักษาการแทนรองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่ง
ชื่อผู้เขียน นางสาวสุกัญญา ศรีบัวขาว
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งในวัสดุปลูกมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง ทำการปลูกมันฝรั่งในพื้นที่ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระยะเวลาการศึกษาระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2565 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2567 ทำการปลูกในโรงเรือนพลาสติกกันแมลง โดยใช้มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก ทำการบ่มหัวพันธุ์มันฝรั่งจนมีหน่องอกออกมา 2-3 เซนติเมตร จากนั้นนำไปปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ทั้งหัวต่อหนึ่งถุงปลูก ให้ความลึกของหัวมันฝรั่งอยู่ระหว่างกลางของถุงปลูก ให้น้ำและปุ๋ยทางน้ำทุกสัปดาห์ ทั้งหมด 15 สัปดาห์ โดยใช้ปุ๋ยตลอดฤดูกาลต่อถุงปลูกต่อหนึ่งหัวพันธุ์ทั้งหมด ดังนี้ ไนโตรเจน 3.07 กรัม, ฟอสฟอรัส 2.22 กรัม, โพแทสเซียม 6.13 กรัม, แคลเซียม 1.96 กรัม, แมกนีเซียม 0.87 กรัม , กำมะถัน 1.35 กรัม และธาตุอาหารเสริม 0.05-0.1 กรัม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย วัสดุปลูก 9 ชนิด ๆ ละ 10 ซ้ำ ได้แก่ 1) ขุยมะพร้าว, 2) ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1), 3) ขุยมะพร้าว+แกลบดำ (3:1), 4) ขุยมะพร้าว+ทราย (1:1), 5) ทราย, 6) ทราย+แกลบดิบ (1:1), 7) ทราย+แกลบดำ (3:1), 8) ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+แกลบดำ+ทราย (1:1:1 :1) และ 9) แกลบดิบ ผลการทดลอง พบว่า สมบัติด้านเคมีและกายภาพของวัสดุปลูกทุกชนิดเหมาะสมต่อการปลูกมันฝรั่ง วัสดุปลูกที่มีขุยมะพร้าวหรือมีขุยมะพร้าวผสมจะเหมาะสมต่อการปลูกมันฝรั่งมากที่สุด วัสดุปลูกทุกตำรับการทดลองสามารถนำมาผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งได้ ยกเว้นการใช้แกลบดิบที่ไม่ผสมกับวัสดุปลูกอื่น ๆ จะไม่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกมันฝรั่งได้ และวัสดุปลูกที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งมากที่สุด คือ ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) รองลงมาคือ ขุยมะพร้าว ให้ผลในด้านการเจริญเติบโต และจำนวนหัวพันธุ์ของมันฝรั่งมากที่สุด

คำสำคัญ : มันฝรั่ง, วัสดุปลูก, การเจริญเติบโต, ผลผลิต

Title EFFECT OF GROWING MEDIA ON GROWTH AND YIELD OF POTATO (*Solanum tuberosum* L.)

Author Miss Sukanya Sribuakhao

Degree Master of Science in Soil Science

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Pathipan Sutigoolabud

ABSTRACT

This study was conducted effects of growing media on growth and yield of potato. Planted in Nong Han Subdistrict, San Sai District, Chiang Mai Province. The study period was between September 2022 and March 2024. Atlantic potato strain was used for experimental test in greenhouse. The seed potato were incubated until 2-3 centimeters of potato shoots. One whole bulb of potato were in plastic bag. Keep the depth the potato bulb were place in the middle of the planting bag. Water and fertilizer were given by water every week (15 week). Using fertilizer throughout the season per planting bag per bulb of all varieties as follows: nitrogen 3.07 grams, phosphorus 2.22 grams, potassium 6.13 grams, calcium 1.96 grams, magnesium 0.87 grams, sulfur 1.35 grams, and micronutrients 0.05-0.1 grams. The experiment used completely randomized design (CRD) with 9 treatments and 10 replications with growing media as 1)coconut coir dust, 2)coconut coir dust + rice husk (1:1), 3)coconut coir dust + rice husk charcoal (3:1), 4)coconut coir dust + sand (1:1), 5)sand, 6)sand + rice husk (1:1), 7)sand + rice husk charcoal (3:1), 8)coconut coir dust + rice husk + sand + rice husk charcoal (1:1:1:1) and 9)rice husk. The results found that the chemical and physical properties of all types of growing media were suitable for growing potato. The coconut coir dust or media mixed with coconut coir dust is most suitable for growing potatoes. All growing media in the experimental treatments could be used to seed potato production. Except for using only rice husk. Therefore, it can not be used as a growing media for potato. The most suitable growing media for seed potato production is coconut coir dust + rice husk (1:1), followed by coconut coir dust due to its good growth and the greatest number of potato tuber.

Keywords : potato, growing media, growth, yield

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลาย ๆ ฝ่าย โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผานิตย์ นาขยัน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล ในการแนะนำ ตรวจแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ.ฟ้าไพลิน ไชยวรรณ ประธานกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะ แก้ไขและให้แนวคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้มอบทุนการศึกษาศิษย์กุฎิ เพื่อช่วยเหลือค่าเล่าเรียน แนะนำขั้นตอนการใช้งานระบบและให้คำปรึกษาด้านการเตรียมเอกสารและทำความเข้าใจกับขั้นตอนต่าง ๆ ในระบบ

ขอบคุณบุคลากรและเพื่อนนักศึกษาสาขาปฐพีศาสตร์ และสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง สังกัดคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาแด่บิดา มารดา บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุกัญญา ศรีบัวขาว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร 3
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง 3
2.2 พันธุ์มันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทย 6
2.3 อุตสาหกรรมของมันฝรั่งในประเทศไทย 8
2.4 ขั้นตอนการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง 10
2.5 สรีรวิทยาของหัวพันธุ์ที่ใช้ปลูก 11
2.6 การสังเคราะห์แสงและการหายใจ 11
2.7 การเจริญเติบโตและการพัฒนาของมันฝรั่ง 12
2.8 ระยะการเจริญเติบโต 13
2.9 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง 15

2.10 การให้น้ำ 17
2.11 ธาตุอาหาร 18
2.12 โรคและแมลงที่เป็นศัตรูของมันฝรั่ง 26
2.13 วัสดุปลูก (Growing Media) 28
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 41
3.1 พื้นที่และระยะเวลาการศึกษา 41
3.2 แผนการทดลองและสิ่งทดลอง 41
3.3 การเตรียมวัสดุปลูกและหัวพันธุ์ 42
3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุปลูกและพืชทางเคมี 42
3.5 การย่อยตัวอย่างวัสดุปลูก 43
3.6 วิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุปลูก 43
3.7 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก 43
3.8 การเก็บข้อมูล 44
3.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 45
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 46
4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการก่อนและหลังปลูก 46
4.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพก่อนและหลังปลูก 47
4.3 การเจริญเติบโต 49
4.4 ผลผลิต 51
4.5 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 54
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 56
5.1 สรุปผลการศึกษา 56
5.2 ข้อเสนอแนะ 56
บรรณานุกรม 57

ภาคผนวก 63
ภาคผนวก ก ความชื้น อุณหภูมิ และการวัดค่าการดูดกลืนแสงของมันฝรั่ง 64
ภาคผนวก ข การแปรผลธาตุอาหาร การจัดการปุ๋ย และต้นทุนราคาปุ๋ยที่ใช้ 66
ภาคผนวก ค ภาพการทดลอง 70
ประวัติผู้วิจัย 92

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคาที่เกษตรกรขายได้ และมูลค่าของผลผลิตของมันฝรั่งตั้งแต่ปี 2556-2565 9
2 สถิติการนำเข้ามันฝรั่งในไทย ปี 2560 - 2564 10
3 ช่วงความพอเพียงและเริ่มเป็นพิษสำหรับเนื้อเยื่อใบมันฝรั่ง ก้านใบ และหัว 26
4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุปลูก 36
5 สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุปลูกก่อนและหลังปลูกมันฝรั่ง 47
6 สมบัติทางกายภาพบางประการของวัสดุปลูกก่อนและหลังปลูกมันฝรั่ง 49
7 การงอก จำนวนต้น และความสูงของมันฝรั่ง 51
8 จำนวนหัวสด และน้ำหนักหัวสดของมันฝรั่ง 53
9 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของหัวมันฝรั่ง 55

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 แผนภาพการผลิตหัวพันธุ์หลัก G0 และการผลิตหัวพันธุ์ขยาย G1.....11
2 ระยะการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง.....15
3 ระยะการเจริญเติบโตของมันฝรั่งและชนิดของแมลงที่เข้าทำลาย.....27
4 การฟอร์มหัวมันฝรั่ง.....53

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

จากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่งในประเทศไทยโดยเฉพาะมันฝรั่งทอดกรอบ (Potato chip) ทำให้เกษตรกรมีความต้องการหัวพันธุ์มันฝรั่ง เพื่อปลูกและนำผลผลิตป้อนเข้าสู่โรงงานแปรรูป ปัญหาและความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตมันฝรั่ง คือ มันฝรั่งจำเป็นต้องใช้หัวพันธุ์ในการปลูกเท่านั้น และหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ใช้ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากหัวพันธุ์ในประเทศยังผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร หัวพันธุ์ที่เกษตรกรเป็นผู้ผลิต และเก็บไว้ใช้เองไม่มีคุณภาพ มีการติดโรค ทำให้ได้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการนำเข้าหัวพันธุ์จากต่างประเทศเพื่อจำหน่ายให้กับเกษตรกร โดยมีการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งประมาณปีละ 15,000-18,000 ตัน นอกจากนี้ยังมีปัญหาต้นทุนการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งสูง เนื่องจากค่าแรงและค่าหัวพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาแพง มันฝรั่งมีถิ่นกำเนิดแถบที่ราบสูงของเทือกเขาแอนดีสในอเมริกาใต้ ประเทศเปรู มีการนำมันฝรั่งมาปลูกและบริโภคเป็นเวลานาน มันฝรั่งเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Solanaceae มีชื่อสามัญว่า potato หรือ Iris potato ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Solanum tuberosum* Linn. เป็นพืชล้มลุกที่มีหัวใต้ดิน (Tuber) เป็นส่วนของลำต้นสะสมอาหาร และความต้องการแสงที่มันฝรั่งต้องการอยู่ที่ 12-13 ชั่วโมง มันฝรั่งเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอันดับ 4 ของโลก รองมาจากข้าว ข้าวโพด และข้าวสาลี (Hawkes, 1992) มีความสำคัญในด้านอุตสาหกรรมที่ให้ผลตอบแทนสูงแก่เกษตรกรผู้ปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น เนื่องจากเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูง มีช่วงอายุการปลูกสั้นและมีอุตสาหกรรมแปรรูปรองรับ ในการผลิตมันฝรั่งหัวพันธุ์หลัก (pre-basic seed) หรือ G0 ซึ่งเป็นหัวพันธุ์ปลอดโรคที่มีขนาดเล็ก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-6 เซนติเมตร โดยทั่วไปได้จำนวน 2-3 หัวต่อต้น ส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูงถึง 6 บาทต่อหัว เมื่อนำหัวพันธุ์ G0 ปลูกต่อเพื่อเป็นมันฝรั่งหัวพันธุ์ขยาย (basic seed) หรือ G1 ในแปลงปลูกสภาพไร่ (ธนรักษ์, 2561) ทำให้หัวพันธุ์มีโอกาสสะสมของโรคพืชและแมลงศัตรูพืช ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตช้า นอกจากนี้การปลูกพืชทางดินยังต้องปลูกตามฤดูกาลปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด ไม่สามารถให้ผลผลิตสม่ำเสมอได้ เนื่องจากการควบคุมธาตุอาหารและการควบคุมปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ไม่ทั่วถึง

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมันฝรั่งทอดกรอบอันดับหนึ่งของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และมีแนวโน้มความต้องการมันฝรั่งเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของการบริโภค ซึ่งผู้ประกอบการต้องการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ ปีละประมาณ 170,000 ตัน ทำให้พื้นที่เพาะปลูกมันฝรั่งขยายตัวอย่างต่อเนื่อง จากการคาดการณ์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี พ.ศ.2565 มันฝรั่ง

มี พื้นที่ปลูก 41,601 ไร่ ปริมาณผลผลิต 127,932 ตัน คิดเป็น 3.08 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ซึ่งผลผลิตที่ได้นั้นยังไม่เพียงต่อความต้องการของภายในประเทศ จึงมีการนำเข้ามันฝรั่งเพื่อแปรรูป และประเทศไทยเป็นผู้นำเข้ามันฝรั่งอันดับ 12 ของโลก สำหรับการผลิตมันฝรั่งในประเทศไทยนั้น แหล่งผลิตสำคัญอยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และตาก ปัจจุบันพื้นที่ปลูกได้ขยายไปยังจังหวัดอื่น ๆ เช่น จังหวัดเชียงราย พะเยา ลำปาง และบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดหนองคาย สกลนคร และเลย โดยพื้นที่ปลูกร้อยละ 95 อยู่ในภาคเหนือและพื้นที่ปลูกอีกร้อยละ 5 อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สนองและคณะ, 2551)

ดังนั้น จึงสนใจศึกษาการปลูกมันฝรั่งเพื่อเป็นหัวพันธุ์โดยการใช้วัสดุปลูกแทนดิน ซึ่งวัสดุปลูกที่ใช้เป็นอินทรียวัตถุชนิดต่าง ๆ เช่น แกลบดิบ แกลบดำ ขุยมะพร้าว และทรายหยาบ เพื่อใช้ผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง และวัสดุเหล่านี้มีสมบัติเฉพาะตัวที่เหมาะสมแตกต่างกันไป ช่วยในการยึดลำต้น การอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ และสามารถทำให้รากซอนไชได้ง่าย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อคัดเลือกวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ทราบถึงการคัดเลือกวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก ทำการศึกษาในพื้นที่ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2565 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 เป็นพื้นที่ที่มีโรงเรือนสำหรับเพาะปลูกพืชเพื่อเป็นแนวทางนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

มันฝรั่งมีถิ่นกำเนิดแถบที่ราบสูงของเทือกเขาแอนดีสในอเมริกาใต้ บริเวณประเทศเปรู โคลัมเบีย โบลิเวีย เอกวาดอร์ และชิลี ซึ่งมีการปลูกมันฝรั่งและนำมาบริโภคเป็นอาหารหลักเป็นเวลาช้านาน ในปัจจุบันบริเวณนี้มีการพบมันฝรั่งหลากหลายพันธุ์ มันฝรั่งเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Solanaceae ชื่อสามัญ คือ Potato หรือ Iris potato ชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Solanum tuberosum* Linn. (มาโนช, 2530) พันธุ์มันฝรั่งที่ปลูกทางการค้ามีโครโมโซมเป็นเตตราพลอยด์ (2n=4x=48) ส่วนมันฝรั่งพันธุ์ป่ามีโครโมโซมเป็นดิพลอยด์ (2n=2x=24) และเฮกซาพลอยด์ (2n=6x=72) (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง

มันฝรั่งจัดเป็นพืชล้มลุกอายุปลูกจนเก็บเกี่ยว 4-5 เดือนมีหัวใต้ดิน เรียกว่า Tuber มีความสูงประมาณ 50-100 เซนติเมตร เป็นพืชในวงศ์เดียวกับมะเขือ พริก ยาสูบ ส่วนหัวของมันฝรั่งเกิดจากการพัฒนาของลำต้นซึ่งทำหน้าที่สะสมอาหารและขยายพันธุ์ โดยมีลักษณะทั่วไป ดังนี้

1. ราก (Roots) เป็นส่วนของต้นมันฝรั่งที่เจริญมาจากเมล็ดจริง (True potato seed) ซึ่งจะมีรากแก้ว (Tap root) และรากแขนง (Lateral root) ส่วนของต้นที่เจริญมาจากการปลูกโดยใช้หัวพันธุ์จะมีรากพิเศษ (Adventitious roots) เป็นส่วนโคนของหน่อหรือต้นอ่อนด้านบนของหัวพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีส่วนของรากที่เกิดตามข้อของลำต้นใต้ดินและไหล (Stolon) ระบบรากของมันฝรั่งมีความอ่อนแอกว่าพืชอื่น โดยทั่วไปจะมีความลึกของรากไม่เกิน 40-50 เซนติเมตร แต่อาจจะลึกได้ถึง 1 เมตร หากดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557)

2. ลำต้น (Stem) ระบบลำต้นของมันฝรั่งจะประกอบไปด้วยส่วนของลำต้น ไหล และหัว ซึ่งลำต้นแบ่งออกเป็นลำต้นหลักและลำต้นรอง โดยต้นที่เกิดจากเมล็ดจะมีลำต้นหลักเพียงลำต้นเดียว และลำต้นที่เจริญมาจากหัวจะมีหลายลำต้นหลักโดยที่กิ่งบริเวณด้านข้างเจริญออกเป็นลำต้นหลัก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) ลำต้นในระยะแรกจะตั้งตรงสูง 45-75 เซนติเมตร ภายในกลวงหรือตัน จากนั้นลำต้นจะตั้งตรงหรือแผ่ราบไปตามแนวนอนขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของลำต้น ลำต้นอาจมีลักษณะกลมหรือเหลี่ยมและมีส่วนที่เป็นแผ่นคล้ายครีบปลาเกิดขึ้นตามแนวความยาวของลำต้นทั้งสองข้าง ส่วนตาบริเวณโคนต้นใต้ดินจะแตกแขนงทำให้ลำต้นใต้ดินยาว 5-10 เซนติเมตร และตอนปลายขยายใหญ่กลายเป็นหัว โดยทั่วไปสีของลำต้นมีสีเขียว และมีบางพันธุ์ที่มีสีน้ำตาลแดงหรือสีม่วง (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

3. ไหล (Stolon) เจริญมาจากลำต้นหลักและลำต้นรองที่มีการเจริญเติบโตในแนวราบใต้ดิน ด้านปลายสุดของไหลจะมีการขยายตัวและพัฒนากลายเป็นหัว และหากอยู่ใต้ดินไหลของมันฝรั่งจะเป็นกิ่งแขนง ซึ่งมีการเจริญในแนวราบจากส่วนตาของลำต้นที่อยู่ใต้ดิน ความยาวของไหลจะขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ของมันฝรั่ง ไหลจะพัฒนากลายเป็นหัวโดยจากการขยายตัวของส่วนปลายสุดของไหล แต่ถ้าหากไหลนั้นไม่ถูกกลบด้วยวัสดุหรือไม่มีวัสดุปกคลุมจะเจริญในแนวตั้ง จากนั้นจะสร้างกิ่งและใบปกติแทน ซึ่งการพูนโคนต้นสำหรับการปลูกมันฝรั่งเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มผลผลิตของหัวมันฝรั่ง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557)

4. ต้นอ่อนหรือหน่อเจริญ (Sprout) เจริญเติบโตมาจากตาบริเวณของหัวมันฝรั่ง ซึ่งปกติในหัวมันฝรั่งที่ยังอ่อนหรือมีการเก็บเกี่ยวมาใหม่ ตาจะพักตัวและไม่มีการพัฒนาใด ๆ จนถึงระยะเวลาหนึ่งจะเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมของมันฝรั่ง จึงจะสามารถเจริญเติบโตไปเป็นหน่อได้ โดยทั่วไปมันฝรั่งมีระยะพักตัว 2-3 เดือน แต่ละพันธุ์มีระยะพักตัวแตกต่างกัน พันธุ์เบาจะมีระยะพักตัวสั้นกว่าพันธุ์หนัก ตาของมันฝรั่งไม่ควรงอกในห้องเย็นยาวเกิน 0.3 เซนติเมตร เพราะจะทำให้คุณภาพของหัวพันธุ์ลดลง หลังจากการปลูกมันฝรั่งส่วนโคนของหน่อจะมีการเจริญเพื่อสร้างรากและกิ่งแขนง ในส่วนของยอดหน่อของมันฝรั่งจะเกิดใบและเจริญพัฒนาไปเป็นส่วนของลำต้น สีของต้นอ่อนโดยทั่วไปจะมีสีขาวเพื่อใช้จำแนกพันธุ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557)

5. หัว (Tuber) หัวมันฝรั่งมีการพัฒนาขยายตัวจากการสะสมแป้งของลำต้นใต้ดิน เรียกว่าไหล และเจริญตามแนวนอน หัวของมันฝรั่งจึงเป็น Modified stem ซึ่งมีตาอยู่รอบหัว แต่ละตาสามารถแตกยอดได้ 3 ยอด และตาของมันฝรั่งจะมีใบเกล็ด (Scale leaf) มีรูปร่างคล้ายจานเพื่อช่วยป้องกันตาจากความเสียหาย และไม่ให้ได้รับอันตราย (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนโคนที่อยู่ติดกับไหล (heel end) กับส่วนปลายที่อยู่ตรงข้ามส่วนตา (rose end หรือ apical end) มีการเรียงตัวอยู่รอบผิวของหัวมันและจะมีมากที่ส่วนปลาย บางหัวมีเกล็ดหุ้มตา (eye brow) ทำหน้าที่ป้องกันช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดกับตา ความลึกของเกล็ดหุ้มตาจะใช้จำแนกพันธุ์มันฝรั่งได้ ตาประกอบด้วยตาเจริญ (bud) หลายตา ตาเจริญเหล่านี้จะมีการพัฒนาเป็นลำต้นหลัก ลำต้นรอง และไหล ภายหลังหากอยู่ในระยะพักตัวจะไม่เกิดการพัฒนาเป็นหน่อเจริญหรือต้นอ่อน เมื่อหัวแก่เต็มที่ตาเจริญจะพักตัวไม่มีการพัฒนาจนถึงระยะเวลาหนึ่งที่เหมาะสมจึงจะเกิดการทำลายการพักตัว ต่อมาตาเจริญอื่น ๆ จะพัฒนาเป็นต้นอ่อน ส่วนหัวของมันฝรั่งที่ใช้ปลูกในการค้าส่วนมากมีรูปร่างทรงกลม รูปไข่หรือยาวรีและในพันธุ์ป่าจะมีรูปร่างที่แปลกออกไป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557)

เมื่อตัดมันฝรั่งตามขวางจะพบส่วนประกอบจากชั้นผิวด้านนอกเข้าไปด้านใน คือ

1. periderm เป็นชั้นบาง ๆ ที่มีสีขาว เหลืองอ่อน แดง ม่วงอ่อนหรือน้ำตาล ความหนาและสีของชั้นจะแตกต่างกันตามพันธุ์ของมันฝรั่ง

2. cortex เป็นชั้นเนื้อเยื่อสะสมอาหารอยู่ภายใต้ผิวเป็นแถบแคบ ๆ ประกอบด้วยโปรตีนและแป้ง

3. vascular ring ระบบท่อน้ำและท่ออาหารที่เชื่อมต่อหัวและตากับส่วนอื่น ๆ ของลำต้นเป็นวงแคบ ๆ ใสเห็นชัดเจน

4. vascular storage parenchyma เป็นส่วนที่ใช้สะสมแป้งประกอบด้วยเซลล์ parenchyma ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อสะสมอาหารหลักของหัวและเป็นส่วนที่มีพื้นที่มากที่สุดในหัว

5. pith คือ บริเวณแกนกลางของหัวมันที่มีปริมาณน้ำตาลมากกว่าแป้ง ซึ่งเป็นกลุ่มเนื้อเยื่อที่อยู่ในชั้นในสุด (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

ผิวของมันฝรั่งอาจมีสีแตกต่างกันไม่ว่าจะเป็น สีขาว สีครีม สีเหลือง สีส้ม สีแดงหรือสีม่วง และบางชนิดอาจมีถึงสองสี เมื่อหัวของมันฝรั่งได้รับแสงระยะเวลาหนึ่งผิวจะเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีเขียว ซึ่งลักษณะผิวอาจเรียบหรือหยาบกร้านเป็นร่างแหและถลอกได้ง่ายหากหัวยังอ่อนอยู่ แต่ถ้าหากเกิดในหัวมันฝรั่งที่แก่แล้ว ชั้น cortex (cork cambium) จะหยุดทำงานทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้น ไม่ถลอกง่าย และมีคุณสมบัติในการป้องกันการดูดซึมสารเคมี อากาศหรือของเหลว ในขณะเดียวกันชั้น cortex ยังทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำและการเข้าทำลายของเชื้อโรคต่าง ๆ เพิ่มความทนทานในการขนส่งและเก็บรักษาได้นานขึ้น หัวของมันฝรั่งจะมีรูหายใจ (lenticel) กระจายในบริเวณต่าง ๆ ของผิวเพื่อแลกเปลี่ยนอากาศ และหากหัวมันฝรั่งอยู่ในสภาพที่ชื้นหรือเปียกแฉะรูหายใจจะมีการขยายใหญ่และนูนขึ้นเป็นจุดสีขาว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557)

6. ใบ (Leaves) มันฝรั่งจัดมีใบประกอบแบบขนนก (pinnately compound leave) 1 ชั้น คือ ประกอบด้วยใบย่อยหลายคู่ โดยใบย่อยจะเรียงตัวแยกจากกัน 2 ข้าง ส่วนปลายของแกนกลางมีใบย่อยขนาดใหญ่ที่สุด 1 ใบ ลักษณะกลมหรือเป็นสามเหลี่ยมซึ่งใบจะจัดเรียงตัวแบบวนรอบลำต้นเป็นรูปเกลียว เนื้อใบนุ่มหรือหยาบ เมื่อสัมผัสขอบใบอาจเป็นคลื่น ใบย่อยมี 2 ชนิด คือ ใบย่อยที่มีขนาดใหญ่ (primary leaflet) และใบย่อยที่มีขนาดเล็ก (secondary leaflet) รูปร่างของใบย่อยมีหลายแบบ เช่น ใบแคบเรียวยาว รูปหอก รูปไข่ปลายแหลม และรูปไข่ ที่โคนก้านใบมี หูใบ 2 อัน สามารถแบ่งสีใบของมันฝรั่งเป็นสองสี ได้แก่ สีเหลืองเขียว (yellow-green) และสีเทาเขียว (grey-green) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557; คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

7. ดอก (Flower) เป็นช่อดอกแบบกระจะหรือกระจะประกอบ (raceme หรือ compound raceme) เกิดขึ้นที่ปลายของลำต้น กิ่งแขนงและบริเวณซอกใบ เป็นแบบตั้งตรงหรือ โค้งงอปลายก้านของช่อดอกสามารถแยกออกเป็น 2 กิ่ง (branch of peduncle) โดยทั่วไป1 ช่อดอก จะมี 7-15 ดอก ดอกของมันฝรั่งจะเป็นดอกแบบสมบูรณ์ ประกอบด้วยกลีบเลี้ยงที่มีสีเขียวจำนวน 5 กลีบ เชื่อมติดกัน (calyx tube) ด้านในจะเป็นกลีบดอก 5 กลีบ มีส่วนโคนกับกลีบดอกเชื่อมติดกันแต่ด้านปลายจะแยกออกจากกัน เรียกว่า corolla tube ส่วนจุดที่กลีบดอกแต่ละกลีบที่แยกออกจากกัน

จะมีลักษณะคล้ายปีก และจุดที่แต่ละกลีบติดกันจะเรียกว่า notch สีของกลีบดอกมันฝรั่งจะมีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เช่น ขาว ฟ้า ม่วง แดง หรือม่วงฟ้า ภายในดอกจะมีเกสรตัวผู้มีส่วนด้านล่างติดกับกลีบดอก อับละอองเกสรตัวผู้ 5 อัน ล้อมรอบเกสรตัวเมียประกอบด้วยรังไข่ที่มี 2 ลอคคุล ก้านเกสรตัวเมียยาวทำให้ยอดเกสรตัวเมียอยู่สูงกว่าระดับเรณูเกสรตัวผู้ (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

8. ผลและเมล็ด (Fruits and seed) ภายหลังการผสมเกสรรังไข่ของมันฝรั่งจะพัฒนาไปเป็นผลแบบ berry มีลักษณะกลมเล็ก ผลอ่อนมีสีเขียวเมื่อผลแก่อาจมีสีเขียวเข้มถึงเขียวปนเทา โดยทั่วไปผลมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-3.0 เซนติเมตร เมล็ดมีรูปร่างคล้ายรูปหัวใจ แบน มีสีเหลืองถึงสีน้ำตาล เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 มิลลิเมตร สามารถนำไปปลูกได้แต่ไม่นิยมเพราะต้นมันฝรั่งที่ได้จากนี้จะมีลักษณะไม่สม่ำเสมอกัน ภายในประชากรเดียวกันใน 1 ผลจะมีเมล็ดจำนวนมาก อาจมีเมล็ดถึง 200 เมล็ด ใน 1 กรัมมีเมล็ด 1,000-5,000 เมล็ด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557; คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

9. คัพภะ (Embryo) เป็นรูปโค้งตัวยูจึงมีส่วนปลายเป็น 2 จุด อยู่ตรงข้ามกันส่วนแรกคือ จุดเจริญของราก (radicle) อีกส่วนหนึ่งเป็นจุดเจริญของยอด (plumule) การขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดเรียกว่าการใช้ true seed หรือ botanical seed สำหรับการใช้หัวพันธุ์ปลูกเพื่อขยายพันธุ์เรียกว่า การใช้ seed tuber (Ortiz and Huaman, 1994)

2.2 พันธุ์มันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทย

1. พันธุ์พื้นเมือง (native variety) เป็นพันธุ์มันฝรั่งที่ชาวเขาเผ่าต่าง ๆ รวมถึงจีนฮ่อได้อพยพมาอยู่ตามพื้นที่เขตอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ รวมถึงอยู่ตามภูเขาของเขตจังหวัดเชียงรายที่นิยมปลูกมันฝรั่งพันธุ์นี้ นิยมปลูกมานานซึ่งทางภาคเหนือเรียกมันฝรั่งพันธุ์นี้ว่า อาลู มีขนาดหัวเล็กกว่าพันธุ์ต่างประเทศ ลักษณะกลม ค่อนข้างยาว เนื้อออกสีขาวแกมเหลือง เปลือกมีสีม่วงอ่อนหรือน้ำตาลอ่อน เปลือกหนา เนื้อมันฝรั่งเมื่อทอดกรอบจะมีรสขื่นเล็กน้อย ลำต้นมีขนาดใหญ่ ใบใหญ่กว่าพันธุ์ต่างประเทศอย่างชัดเจน ตลาดรองรับจะให้ราคาพันธุ์พื้นเมืองต่ำกว่าพันธุ์ต่างประเทศ ปลูกในฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคมและเก็บเกี่ยวช่วงเดือนสิงหาคมหรือต้นเดือนกันยายน หัวมันฝรั่งที่เก็บในรุ่นนี้จะใช้ทำพันธุ์เพื่อปลูกในฤดูหนาว บางส่วนจะถูกส่งออกเข้าสู่ตลาดเพื่อการบริโภค เนื่องจากฤดูฝนมันฝรั่งที่ส่งออกจะมีปริมาณน้อยและราคาสูง และพันธุ์ที่ใช้ปลูกในฤดูหนาวชาวเขาจะเก็บรักษาเอาไว้เอง (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

2. พันธุ์ต่างประเทศ (introduced variety) มีการนำเข้าพันธุ์มันฝรั่งมาจากประเทศเนเธอร์แลนด์เพื่อปลูกทดสอบในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2494 ซึ่งได้พันธุ์ที่เหมาะสมและสามารถส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปปลูกได้ ต่อมามีการนำพันธุ์มันฝรั่งจากประเทศอื่น ๆ เข้ามาทำการทดสอบ

และคัดเลือกหัวพันธุ์ กรมวิชาการเกษตรได้เริ่มวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์มันฝรั่งขึ้นภายในประเทศร่วมด้วย (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542) พันธุ์มันฝรั่งที่นำเข้าจากต่างประเทศมี ดังนี้

2.1 บินเจ (Bintje) เป็นพันธุ์ที่นำมาจากประเทศเนเธอร์แลนด์ในปี พ.ศ. 2494 เพื่อใช้ปลูกเป็นการค้าสำหรับการบริโภคสดและแปรรูป ส่วนมากนิยมปลูกทั่วไปในภาคเหนือจะมีลักษณะประจำพันธุ์ คือ หัวกลมยาว เปลือกบางสีค่อนข้างขาว เนื้อในสีค่อนข้างเหลือง เนื้อร่วนซุย รสชาติดี หัวมีลักษณะโตยาว 15 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7 เซนติเมตร หัวที่ใช้เพื่อขยายพันธุ์มีขนาดเล็ก ทนทานต่อความแห้งแล้งและทนโรคได้ดียกเว้นโรคไหม้ (blight) และโรคหูด เป็นพันธุ์ที่น้ำหนักค่อนข้างเบา (middle early) มีอายุตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 110 วัน ปัจจุบันพันธุ์นี้ไม่มีการนำเข้ามาปลูก เนื่องจากภายหลังพบว่ามีความอ่อนแอต่อโรคและผลผลิตค่อนข้างต่ำ

2.2 พันธุ์เมอร์ก้า (Mirka) เป็นพันธุ์ที่น้ำหนักค่อนข้างเบามีอายุเริ่มปลูกถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 110-120 วัน มีผลผลิตสูง ลักษณะหัวยาวรี มีตาหัวตื้นเนื้อในสีเหลือง ใบมีมากพอสมควรและทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี สามารถต้านทานโรคใบม้วนและเชื้อวิสาได้ดี แต่ไม่ต้านทานต่อโรคใบไหม้ มันฝรั่งพันธุ์นี้เป็นโรคหูด ได้ง่ายนำเข้ามาจากประเทศเชคโกสโลวาเกีย

2.3 พันธุ์สปุนตา (Spunta) นำเข้ามาจากประเทศเนเธอร์แลนด์ในปี พ.ศ. 2509 เป็นพันธุ์ที่น้ำหนักค่อนข้างเบามีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 100-120 วัน มีปริมาณของแป้งต่ำแต่ให้ผลผลิตสูง มีการเจริญเติบโตเร็ว มีทรงต้นสูง บริเวณโคนต้นมีสีม่วง ดอกมีสีขาว ลักษณะของหัวมีขนาดใหญ่และยาว ตาบริเวณหัวตื้น เนื้อด้านในสีเหลืองอ่อน ใบมีมาก สามารถทนทานต่อความแห้งแล้ง โรคใบไหม้ เชื้อวิสา และโรคหูดได้ดี แต่เป็นโรคใบม้วนได้ง่าย เมื่อแปรรูปโดยการทอดแล้วเนื้อจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลในหัวสูงและมีปริมาณของแข็งภายในหัวต่ำ เมื่อผ่านการต้มแล้วเนื้อข้างในจะแน่นและมีสีสม่ำเสมอนิยมปลูกเพื่อบริโภคสด (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542: Van, 1989)

2.4 พันธุ์โดนาต้า (Donata) พันธุ์นี้นำเข้าจากประเทศสกอตแลนด์มีน้ำหนักค่อนข้างหนัก อายุการปลูกถึงเก็บเกี่ยว 130-140 วัน มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ลำต้นแข็งแรง ใบค่อนข้างใหญ่ มีสีเขียวอ่อน หัวมีขนาดใหญ่เท่า ๆ กัน ผิวเรียบ รูปทรงรี สีผิวที่หัวมีสีเหลืองอ่อน ตาที่หัวตื้น เนื้อด้านในสีขาว เป็นโรคแผลสะเก็ดหรือหูด โรคใบไหม้ และโรคขี้กลากได้ง่าย แต่ต้านทานโรคใบม้วนได้ดี (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

2.5 พันธุ์เคนนีเบค (Kennebac) เป็นพันธุ์พื้นเมืองของประเทศสหรัฐอเมริกาปัจจุบันสามารถนำไปขยายและผลิตหัวพันธุ์ในหลาย ๆ ประเทศ เช่น แคนาดา เนเธอร์แลนด์ สกอตแลนด์ และออสเตรเลีย นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อ พ.ศ.2521 ใบมีลักษณะใหญ่ พุ่มหนา หัวกลมรีทรงรูปไข่ ตาตื้น ผิวสีเหลืองอ่อนเรียบ เนื้อสีขาว สามารถทนแรงได้ดี ปริมาณน้ำหนักแห้งของหัวมีปานกลาง มีอายุเก็บเกี่ยว 100-120 วัน พันธุ์นี้เหมาะสำหรับแปรรูปเป็นมันทอดแผ่นบาง

ในปัจจุบันโรงงานแปรรูปมีการนำเข้าพันธุ์เคนีเบคและส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่อส่งเข้าโรงงานแปรรูป

2.6 พันธุ์แอตแลนติก (Atlantic) มีถิ่นกำเนิดในประเทศสหรัฐอเมริกาน้ำหนักค่อนข้างเบา มีอายุการปลูกถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 100-120 วัน หัวมีลักษณะกลมขนาดปานกลาง ผิวสีเหลือง เนื้อสีขาวครีม เป็นพันธุ์ที่เริ่มทดลองส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกใน พ.ศ. 2534-2535 โดย บริษัท สยามสแน็ก จำกัด

2.7 พันธุ์รัสเซ็ท เบอร์แบงค์ (Russet Burbank) เป็นพันธุ์นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา มีการปลูกทดลองครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2526 มีผิวสีน้ำตาลและหยาบ ให้ผลผลิตไม่ดีและไม่ต้านทานโรค ปัจจุบันไม่มีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกในประเทศไทย

2.3 อุตสาหกรรมของมันฝรั่งในประเทศไทย

มันฝรั่งที่ปลูกในประเทศไทย แบ่งการใช้ประโยชน์ได้ 2 ประเภท คือ มันฝรั่งพันธุ์บริโภคสด และมันฝรั่งพันธุ์โรงงานสำหรับ การแปรรูป ซึ่งแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ คือ มันฝรั่งบริโภคสด เป็นมันฝรั่งที่ปลูกเพื่อนำหัวมันฝรั่งไป ปรุงอาหารเพื่อการบริโภค และมันฝรั่งพันธุ์โรงงาน สำหรับการแปรรูป เป็นการปลูกเพื่อนำหัวมันฝรั่งมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น มันฝรั่งทอดกรอบ (Potato chips) มันฝรั่งทอดหนา (French fried) ด้านการผลิต ในปี 2565 (ปีเพาะปลูก 2563/64) มันฝรั่งมีเนื้อที่เพาะปลูก รวมทั้งประเทศ 41,601 ไร่ เพิ่มขึ้น ร้อยละ 4.09 ผลผลิตรวม 127,932 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.70 โดยผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยวเฉลี่ย 3,080 กิโลกรัมต่อไร่ เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้ว 59 กิโลกรัมต่อไร่ หรือร้อยละ 1.95 (ตารางที่ 1) แหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งประเทศ ปัจจุบันพื้นที่ปลูกได้ขยายไปยังจังหวัดอื่น ๆ เช่น จังหวัดตาก เชียงราย พะเยา ลำพูน ลำปาง และบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดหนองคาย สกลนคร และเลย (อรทัย, 2557)

ตารางที่ 1 เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคาที่เกษตรกรขายได้ และมูลค่าของผลผลิตของมันฝรั่งตั้งแต่ปี 2556-2565

ปี (พ.ศ.)	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (ตัน/ไร่)	ราคาที่เกษตรกรขายได้ (บาท/กิโลกรัม)	มูลค่าผลผลิต (ล้านบาท)
2556	45,227	43,814	105,160	2,400	11.31	1,189
2557	39,284	38,555	99,715	2,586	12.25	1,222
2558	48,994	47,523	125,663	2,644	12.39	1,557
2559	39,887	39,877	119,663	3,004	12.43	1,489
2560	37,858	37,010	107,103	2,894	11.76	1,260
2561	37,513	37,304	108,291	2,903	12.20	1,321
2562	45,689	44,874	127,935	2,851	13.53	1,731
2563	43,206	43,094	126,864	2,944	12.87	1,633
2564	39,965	39,683	119,897	3,021	11.42	1,369
2565	41,601	41,539	127,932	3,080	14.00	1,791
อัตราการเพิ่มขึ้น ปี 65/64	4.09%	4.68%	6.70%	1.95%	22.59%	30.8%

ที่มา : สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2566

มันฝรั่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในด้านอุตสาหกรรมที่สามารถสร้างผลตอบแทนสูงให้แก่เกษตรกรผู้ปลูก เมื่อเปรียบเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น เนื่องจากมันฝรั่งเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูง มีช่วงอายุการปลูกสั้นและมีอุตสาหกรรมการแปรรูปรองรับ ปัจจุบันการผลิตมันฝรั่งในประเทศไทยยังไม่เพียงพอกับความต้องการของโรงงานแปรรูปและคาดว่าแนวโน้มความต้องการยังคงเพิ่มขึ้น ตามการขยายตัวของการบริโภค ทำให้พื้นที่เพาะปลูกมันฝรั่งขยายตัวอย่างต่อเนื่อง จากตารางที่ 2 พบว่าสถิติการนำเข้ามันฝรั่งในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2560 ถึง พ.ศ.2562 มีการนำเข้าที่เพิ่มขึ้น มูลค่าการนำเข้าเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ปี พ.ศ.2563 ถึง พ.ศ.2564 กลับมีการนำเข้าลดลง อาจเนื่องมาจากประเทศไทยมีการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่เพิ่มมากขึ้นในประเทศ ทำให้การนำเข้าลดลงแต่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรผู้ปลูก

ตารางที่ 2 สถิติการนำเข้ามันฝรั่งในไทย ปี 2560-2564

ปี	นำเข้า (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2560	5,601	141
2561	6,180	155
2562	8,036	191
2563	7,880	202
2564	7,099	207

ที่มา : สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2566

2.4 ขั้นตอนการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง

1) การผลิตต้นอ่อนปลอดเชื้อ จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (pathogen fee in vitro plantlets production) ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

2) การผลิตต้นแม่พันธุ์ (mother plants production) ในโรงเรือนกันแมลง

3) การขยายต้นปักชำ (production of stem cuttings) ในโรงเรือนกันแมลง

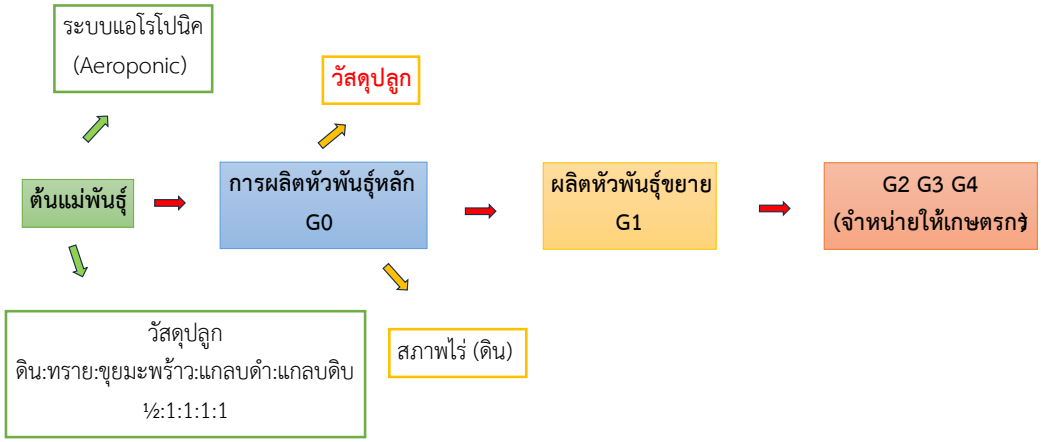
4) การผลิตหัวพันธุ์หลัก G0 (pre-basic seed production) ในโรงเรือนกันแมลง

5) การผลิตหัวพันธุ์ขยาย G1 (basic seed production) ในแปลงผลิตหัวพันธุ์

6) การผลิตหัวพันธุ์รับรอง G2 (certified seed production) ในแปลงผลิตหัวพันธุ์ของเกษตรกร/บริษัท

การผลิตต้นอ่อนปลอดเชื้อจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จะดำเนินการในช่วงเดือนมกราคมถึงกันยายน จากนั้นจะนำต้นอ่อนที่ได้ไปผลิตเป็นต้นแม่พันธุ์และขยายต้นปักชำในเดือนพฤษภาคมถึงธันวาคม นำต้นแม่พันธุ์ไปปักชำในระบบแอโรโพนิค และในโรงเรือนกันแมลงเพื่อผลิตหัวพันธุ์ G0 ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกุมภาพันธ์ จากนั้นนำหัวพันธุ์ G0 ที่ได้ไปปลูกในแปลงปลูกในฤดูกาลหรือปีถัดไป เพื่อผลิตเป็นหัวพันธุ์ G1 ในช่วงฤดูแล้งเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม และเก็บเกี่ยวผลผลิต ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม และในช่วงฤดูฝน จะมี 2 ช่วงการปลูก คือ ช่วงแรกตั้งแต่เดือนเมษายนถึงพฤษภาคม เก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือน กรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ส่วนช่วงที่สองปลูกในเดือนสิงหาคมถึงกันยายน และเก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน (ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, 2560; อรทัย, 2557) จากการสำรวจราคาจำหน่ายหัวพันธุ์มันฝรั่ง พบว่า G0 มีราคา 6 บาทต่อหัว, G1 ราคา 25 บาทต่อกิโลกรัม, G2 ราคา 20 บาทต่อกิโลกรัม และ G3 ราคา 18 บาทต่อกิโลกรัม

การผลิตหัวพันธุ์หลัก G0 และการผลิตหัวพันธุ์ขยาย G1



ภาพที่ 1 แผนภาพการผลิตหัวพันธุ์หลัก G0 และการผลิตหัวพันธุ์ขยาย G1

2.5 สรีรวิทยาของหัวพันธุ์ที่ใช้ปลูก

ลักษณะของหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ปลูกมีผลต่อจำนวนและความแข็งแรงของลำต้น ซึ่งมันฝรั่งหากเก็บเกี่ยวมาใหม่ จะเข้าสู่ระยะพักตัว โดยมันฝรั่งจะไม่มีการงอกของต้นมันฝรั่งขึ้น แม้ว่าจะนำหัวมันฝรั่งเก็บไว้ในสภาพที่เหมาะสมต่อการงอกมันฝรั่งก็จะไม่งอก มันฝรั่งมีระยะพักตัว 2-3 เดือน แต่ละพันธุ์มีระยะพักตัวแตกต่างกัน พันธุ์เบาจะมีระยะพักตัวสั้นกว่าพันธุ์หนัก ตามันฝรั่งไม่ควรงอกในห้องเย็นยาวเกิน 0.3 เซนติเมตร เพราะจะทำให้คุณภาพของหัวพันธุ์ลดลง เมื่อมันฝรั่งพ้นช่วงระยะพักตัวจะทำให้เกิดหน่อโดยที่หน่อจะเริ่มเกิดขึ้นที่บริเวณส่วนยอดของหัวมันเป็นบริเวณแรก ประกอบด้วยตายอดซึ่งมีลักษณะเด่น คือ สามารถข่มตาข้างที่อยู่ต่ำกว่าตายอดทำให้ตาข้างไม่งอก และเมื่อนำมันฝรั่งที่มีแต่ตายอดไปปลูกจะทำให้ได้มันฝรั่งเพียงต้นเดียวส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ต่ำแต่จะได้หัวขนาดใหญ่ วิธีแก้ปัญหา คือ ก่อนปลูกหากพบว่ามีตายอดงอกขึ้นมาให้ดึงออกทันที ซึ่งจะทำให้หน่อที่อยู่ข้าง ๆ สามารถงอกออกมาใหม่ช่วยเพิ่มจำนวนลำต้นได้ (จุไรรัตน์, 2551)

2.6 การสังเคราะห์แสงและการหายใจ

การสะสมอาหารในหัวมันฝรั่งขึ้นอยู่กับ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์แสงจะมีการสร้างคาร์โบไฮเดรตสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช ถ้าเป็นต้นมันฝรั่งก็จะสะสมไว้ที่หัว ส่วนการหายใจเป็นกระบวนการที่ใช้คาร์โบไฮเดรตเพื่อให้ได้พลังงาน และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เหลือจะกระจายไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช ในมันฝรั่งจะเก็บไว้ที่หัว เนื่องจากมันฝรั่งเป็นพืชที่ใช้ส่วนหัวเพื่อบริโภค ดังนั้น ส่วนหัวนี้จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บสะสม

อาหารโดยอาหารที่สะสมส่วนใหญ่เป็นพวกคาร์โบไฮเดรต การสร้างอาหารและสะสมเกิดขึ้นที่เนื้อเยื่อสีเขียวโดยเฉพาะที่ใบ การเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงทำให้ได้สารอาหารขั้นเริ่มต้นที่สูงกว่ากลูโคส และกลูโคสที่ได้นี้ถูกส่งไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของลำต้นรวมถึงเนื้อเยื่อสะสมอาหาร ซึ่งจะเปลี่ยนกลูโคสให้เป็นแป้ง ในขณะที่ต้นมันฝรั่งมีการเจริญเติบโตและเริ่มเกิดหัวจะมีการสะสมอาหารจำพวกแป้งไว้ที่หัว ถ้ากระบวนการสังเคราะห์แสงสูงเท่าใดจำนวนกลูโคสที่ใช้สร้างแป้งเพื่อเก็บสะสมไว้ที่หัวก็มีมากขึ้นเท่านั้น แต่แป้งที่ถูกสร้างขึ้นโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงสามารถสลายตัวได้เนื่องจากกระบวนการหายใจ เนื่องจากกระบวนการนี้จะใช้แป้งและน้ำตาลเป็นวัตถุดิบเพื่อให้ได้พลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น ความแตกต่างของอัตราการสังเคราะห์แสงกับอัตราการหายใจจะเป็นตัวกำหนดซูโครสที่ใช้สร้างแป้งและผลผลิตของหัวมันฝรั่ง ในบางครั้งขณะที่ต้นพืชกำลังเจริญเติบโตอาจเกิดการหยุดการเคลื่อนย้ายอาหารเนื่องจากเกิดความเครียดบางอย่าง เช่น เกิดโรคหรือเกิดผลกระทบจากการปฏิบัติที่ไม่เหมาะสมทำให้ได้ผลผลิตต่ำ (จุไรรัตน์, 2551)

2.7 การเจริญเติบโตและการพัฒนาของมันฝรั่ง

วงจรการเจริญเติบโตของมันฝรั่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ช่วงการเจริญก่อนงอก ช่วงการเจริญทางลำต้นใบ และช่วงการเจริญของหัว

ช่วงการเจริญก่อนงอกหัวมันฝรั่งจะมีการพัฒนาตัวของหน่อและรากก่อนปลูกหรือหลังปลูก ก่อนปลูกหากหัวพันธุ์มันฝรั่งมีการเจริญเติบโตขึ้นมา เมื่อนำไปปลูกจะเริ่มมีการงอกของรากทันทีและจากนั้นจะเร่งการงอกของลำต้น เมื่องอกแล้วลำต้น ใบ และรากของมันฝรั่งจะพัฒนาไปพร้อม ๆ กัน การพัฒนาของหัวจะเริ่มช้าและภายหลังจากต้นมันฝรั่งงอกประมาณ 2-4 สัปดาห์จะมีอัตราเจริญคงที่ ณ ช่วงระยะเวลาหนึ่งในการเจริญเติบโตของลำต้น ใบ และหัว จะมีความสัมพันธ์กันในด้านการเจริญเติบโตทางลำต้นใบจะมีมากเมื่อเกิดการสร้างหัวช้า แต่ถ้าหากมีการสร้างหัวเร็วจะทำให้ลดการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ในส่วนของต้นมันฝรั่งจะมีกระบวนการเมตาบอลิซึมที่มีความสำคัญอยู่ 2 อย่าง ได้แก่ การสังเคราะห์แสงและการหายใจ ในการสังเคราะห์แสงจะเป็นการสร้างคาร์โบไฮเดรต และส่วนของการหายใจจะเป็นการใช้คาร์โบไฮเดรต (Van, 1986) กล่าวว่า คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสง จะมีส่วนที่นำไปใช้เพื่อการสร้างน้ำหนักแห้งและอีกส่วนจะนำไปใช้เป็นพลังงานไว้สำหรับกระบวนการต่าง ๆ ของพืช อีกประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก คาร์โบไฮเดรตจะสูญเสียได้ด้วยกระบวนการหายใจ และเมื่อหักลบอัตราการหายใจกับอัตราการสร้างคาร์โบไฮเดรต ส่วนที่เหลือจะเป็นอัตราการเพิ่มของน้ำหนักแห้งในพืช กล่าวคือ อัตราการเจริญเติบโต

คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสร้างของพืชจะกระจายตัวอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช ทำให้เกิดการเจริญเติบโตเกิดขึ้น และในมันฝรั่งมีส่วนสำคัญที่สุด คือ หัว ซึ่งใช้ประกอบอาหารของมนุษย์ ดังนั้น คาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมควรมีการกระจายไปสร้างการเจริญเติบโตของหัว ประมาณ

90 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งที่สะสมไว้ในหัวมาจากการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นหลังจากเริ่มมีการสร้างหัว (Milthorpe, 1963) หากมันฝรั่งมีการสร้างหัวเกิดขึ้นจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันการเจริญเติบโตของลำต้นจะเริ่มลดลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการน้ำหนักแห้งเพิ่มสูงขึ้นภายหลังจากการงอก และจากนั้นจะเริ่มลดลงจนถึงจุดต่ำสุด ในขณะที่พื้นที่ใบมีค่าสูงสุดอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งจะเพิ่มมากขึ้นอีกครั้งในเมื่อใบเริ่มแก่ เนื่องจากมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นจากใบที่เหลืออยู่เพื่อสร้างหัว (Milthorpe, 1963) ดังนั้น อัตราการเจริญเติบโตของหัวมันฝรั่งจะถูกควบคุมโดยแหล่งของการสังเคราะห์แสง ในทางกลับกันส่วนมากจะถูกควบคุมโดยพื้นที่ใบและอายุของใบ (มัณฑนา, 2536)

2.8 ระยะการเจริญเติบโต

มันฝรั่งที่เกิดขึ้นในระยะต่าง ๆ ได้แก่ การพัฒนาต้นอ่อน (Sprout Development) การสร้างลำต้น (Plant establishment) เริ่มสร้างหัว (Tuber initiation) การขยายขนาดหัว (tuber bulking) และการเจริญเติบโตเต็มที่ของหัว (tuber maturation) ระยะการเจริญเติบโตเหล่านี้ จะผันแปรไปตามปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความชื้นที่เป็นประโยชน์ ชนิดดิน พันธุ์ และลักษณะทางภูมิประเทศ ในสภาพพื้นที่ northern latitudes ในการงอกของต้นใหม่ (Growth Stage I) จะเกิดขึ้นช่วงต้นเดือนมีนาคมหรือปลายเดือนมิถุนายน การเก็บเกี่ยว (หลังจากสิ้นสุด Growth Stage V) โดยทั่วไปเกิดขึ้นระหว่างเดือนสิงหาคมสำหรับพันธุ์เบาและช่วงปลายเดือนตุลาคมสำหรับพันธุ์หนัก (Robert and Stephen, 2006)

ระยะการพัฒนาต้นอ่อน (Growth Stage I) ขั้นตอนแรกหัวมันฝรั่งมีการทำลายระยะการพักตัว หัวมันฝรั่งจะสามารถเจริญเติบโตและหากเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เช่น มันฝรั่งจะเริ่มแตกหน่อทันทีเมื่ออุณหภูมิอบอุ่น อย่างไรก็ตามหากเก็บรักษาในสภาพอากาศที่เย็น (อุณหภูมิอยู่ที่ 3.33 ถึง 4.44 องศาเซลเซียส) ระยะพัก (rest period) ของหัวมันฝรั่งจะยืดยาวออกไปจนกระทั่งถึงระยะเวลาปลูก หลังการปลูกมันฝรั่งลงในแปลงที่มีอุณหภูมิเย็นยาวนานอาจจะ ทำให้ระยะพักตัวหยุดยาวจนมากกว่าสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้น ซึ่งในระยะนี้หัวพันธุ์จะเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตของช่วงนี้

ระยะสร้างลำต้น (Growth Stage II) Plant establishment หมายถึง ระยะการเจริญเติบโตจากเริ่มแตกหน่อจนถึงการสร้างหัวใหม่ขึ้นในระยะนี้ประกอบไปด้วยการพัฒนาของส่วนรากและยอด ระยะนี้สำหรับพืชอื่น ๆ หมายถึง ระยะ vegetative growth หัวพันธุ์ (speed piece) เป็นส่วนที่สำคัญในช่วงแรกของการเจริญเติบโตทางลำต้นแต่จะให้ความสำคัญลดลงเรื่อย ๆ เมื่อต้นใหม่สามารถตั้งตัวได้ สำหรับการตั้งตัวที่ดีของต้นใหม่ระบบรากจะมีความสำคัญต่อ

การเจริญเติบโตในช่วงต่อไป การเจริญในระยะที่ 1 และ 2 จะเกิดขึ้นในช่วง 30 ถึง 70 วันขึ้นอยู่กับวันปลูก อุณหภูมิของวัสดุ และปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ลักษณะของการปลูกโดยเฉพาะอายุของหัวพันธุ์ เป็นต้น

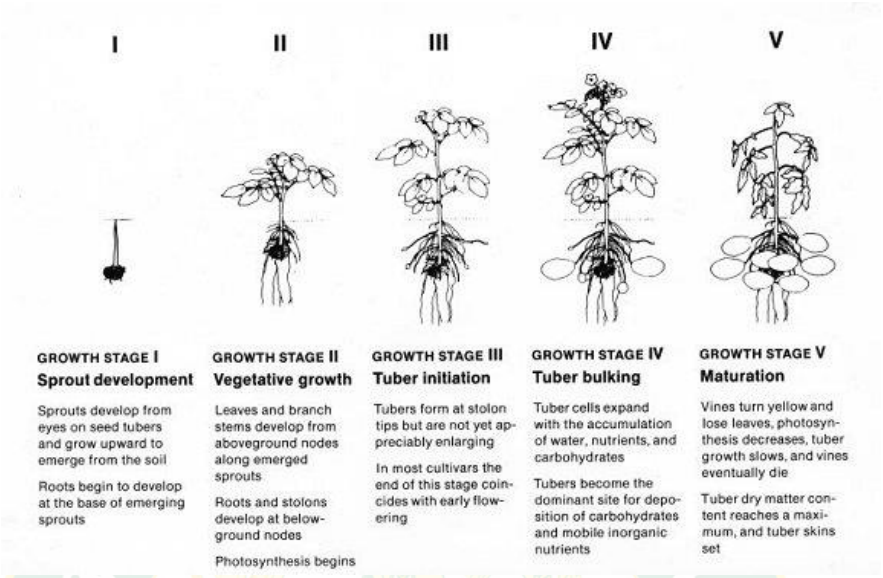
ระยะเริ่มสร้างหัว (Growth Stage III) ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต ส่วนปลายของ stolon จะเริ่มโค้งงอ (hook) และเริ่มพองบวมเป็นผลมาจากการเริ่มมีการสร้างหัวใหม่เกิดขึ้น สำหรับมันฝรั่งหลายพันธุ์ ยกตัวอย่างเช่น Russet Burbank ระยะนี้จะเกิดขึ้นระหว่างเริ่มออกดอก มันฝรั่งต้องการธาตุอาหารไนโตรเจนในปริมาณปานกลางและหากในเวลากลางคืนอุณหภูมิต่ำจะเป็นช่วงการพัฒนาหัวที่ดี ส่วน water stress จะชักนำให้มีการเริ่มสร้างหัวเร็วขึ้น

การขยายขนาดหัว (Growth Stage IV) เป็นระยะการเจริญเติบโตที่มีความสำคัญมากต่อผลผลิตของหัวในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สำหรับอัตราการเจริญเติบโตของหัวมีสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง หมายถึง การเจริญเติบโตเป็นเส้นตรง มันฝรั่งพันธุ์ Russet Burbank ในตอนใต้ของ Idaho จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นประมาณ 600-1000 ปอนด์ต่อเอเคอร์ต่อวันตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต เมื่อเกิดการขัดขวางของสภาพต่าง ๆ จะเป็นผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของหัวมันฝรั่งลดลง ก่อให้เกิดความเสียหายในด้านผลผลิตและคุณภาพของหัวมัน ในงานวิจัยมีการแสดง 2 ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของหัวมัน คือ การสังเคราะห์แสงระยะของ leaf canopy และความยาวของการเจริญเติบโตของหัวมันฝรั่งที่เป็นเส้นตรง

อัตราการขยายขนาดและระยะการขยายขนาดของมันฝรั่ง เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และปัจจัยการผลิต สภาวะอื่นที่จำกัดการเจริญเติบโตของใบที่เป็นประโยชน์ (healthy foliage) ขัดขวางการเจริญของหัวหรือเปลี่ยนน้ำหนักแห้งของมันฝรั่งแยกออกจากหัวไปที่ใบทำให้เป็นการลดประสิทธิภาพของผลผลิต ปัจจัยที่สำคัญบางอย่างที่มีผลต่อการขยายขนาดของหัวมันฝรั่ง คือ อุณหภูมิ อายุหัวพันธุ์ ธาตุอาหาร วันปลูก ระยะระหว่างต้น การให้น้ำ และการกำจัดศัตรูพืช

การเจริญเติบโตเต็มที่ของหัว (Growth Stage V) หากมันฝรั่งล้มตายลงสิ่งที่เกิดขึ้นคือ ผิวของหัวมันฝรั่ง หรือ periderm จะหนาและแข็งแรงเพื่อช่วยปกป้องหัวมันฝรั่งในระยะการเก็บรักษาและช่วยขัดขวางการเข้าทำลายของเชื้อโรคภายในหัวมัน ในระยะที่หัวพัฒนาเต็มที่แล้วน้ำหนักถ่วงจำเพาะ (dry matter) จะเพิ่มขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพสำหรับความต้องการแปรรูปและบริโภคสด นอกจากนี้ free sugars จะเปลี่ยนเป็นแป้งที่ให้สีสดใสเป็น chip และ fries ที่มีคุณภาพดี นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับการสุกแก่ที่เหมาะสมด้วยเพราะหัวมันฝรั่งที่เก็บมาจะต้องมีอัตราการหายใจที่ต่ำซึ่งจะมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักแห้งต่ำ (dry matter) ตามไปด้วย หากเก็บรักษาหัวที่สุกแก่เหมาะสมจะมีการ

ต้านทานโรคที่ดี ถ้าหัวยังอยู่ในดินนานหลังต้นล้มตายหัวจะเริ่มมีอายุมากเกิน ซึ่งเป็นเหตุให้แป้งเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลและน้ำหนักถ่วงจำเพาะจะลดลง



ภาพที่ 2 ระยะการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง (ที่มา : Robert and Stephen, 2006)

2.9 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง

การเจริญเติบโตและคุณภาพของมันฝรั่งเป็นอิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง ชนิดดิน และธาตุอาหารพืช หลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของมันฝรั่งไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ความยาวของฤดูกาลปลูก อุณหภูมิของอากาศและดิน ความเข้มและช่วงเวลาของแสง ความชื้นและลม ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของมันฝรั่งสามารถควบคุมได้โดยผู้ปลูก คือ พันธุ์ของมันฝรั่ง ขนาดของหัวมัน ความหนาแน่นของต้น ความชื้น การจัดการศัตรูพืช วันปลูกและวันเก็บเกี่ยว เพียงปัจจัยทั้งหมดอยู่ในระดับที่เหมาะสมสามารถทำให้ผลผลิตมันฝรั่งที่มีคุณภาพตามเป้าหมายได้ (Haluschak et al., 2006)

ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง ได้แก่ อุณหภูมิและความยาวของช่วงวัน รวมทั้งความชื้น ชนิดของดินที่ใช้ปลูก และความเป็นกรดด่างของดิน โดยเฉพาะอุณหภูมิและความยาวของช่วงวัน ถ้าปลูกมันฝรั่งในสภาพที่อุณหภูมิและความยาวช่วงวันที่ไม่เหมาะสมแล้ว จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของมันฝรั่งเป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าจะเพิ่มปัจจัยการผลิตต่าง ๆ เพียงใดก็ตามไม่อาจทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นได้ (โชคชัย, 2535) ในการปลูกมันฝรั่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) อุณหภูมิ มันฝรั่งจัดเป็นพืชล้มลุกที่ชอบอากาศค่อนข้างเย็น ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 15-30 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิส่งผลต่อการงอกของหัวมันฝรั่งในการเจริญเติบโตของลำต้นและการลงหัว หากในดินมีอุณหภูมิต่ำจะหยุดการงอกของหน่อมันฝรั่ง ส่วนดินที่มีอุณหภูมิสูงจะเร่งการเจริญเติบโตของหน่อให้งอกได้เร็วขึ้น Iritani and Thormton (1984) ทดลองกับมันฝรั่งพันธุ์ russet burbank พบว่า หากอุณหภูมิในดินอยู่ระหว่างที่ต้นมันฝรั่งกำลังงอกต่ำกว่า 7.22 องศาเซลเซียส จะทำให้ต้นมันฝรั่งงอกได้ช้าลงและมีจำนวนต้นน้อย ถ้าหากอุณหภูมิดินที่งอกอยู่ระหว่าง 10-15.56 องศาเซลเซียส จะทำให้มันฝรั่งมีลำต้นเพิ่มมากขึ้น และอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาจะมีผลต่อจำนวนลำต้นต่อหลุม จากการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ อุณหภูมิ 3.33 และ 8.89 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง พบว่า มีจำนวนลำต้นเฉลี่ยต่อหลุมหากรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 8.89 องศาเซลเซียส สูงกว่านำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 3.33 องศาเซลเซียส นอกจากนี้อุณหภูมิยังส่งผลในการเจริญเติบโตและการลงหัวของมันฝรั่ง โดยมันฝรั่งจะมีการเจริญเติบโตแตกกิ่งก้านสาขาและใบได้ดี หากไม่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิในช่วงกลางวันและกลางคืนมากนัก กล่าวได้ว่า อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืนควรอยู่ในช่วง 20-22 องศาเซลเซียส และหัวของมันฝรั่งจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงของอุณหภูมิในดินระหว่าง 14-18 องศาเซลเซียส (สมเกียรติ, 2542) จากการทดลองของ Lamage (1987) พบว่า มันฝรั่งที่มีการปลูกในเขตอุณหภูมิต่ำช่วงระหว่างที่มันฝรั่งกำลังเจริญเติบโต ถ้ามีอุณหภูมิสูงจะช่วยทำให้ลำต้นของมันฝรั่งแก่เร็วและสามารถลงหัวได้เร็วขึ้น ดังนั้น การปลูกมันฝรั่งในเขตร้อนสามารถปลูกตลอดจนเก็บเกี่ยวผลผลิตของมันฝรั่งได้เร็วกว่าในเขตหนาว

2) ความชื้นและชนิดของดินที่ใช้ปลูก เมื่อต้นมันฝรั่งอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตการให้น้ำอย่างเพียงพอถือเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อป้องกันการขาดน้ำในต้นมันฝรั่งในระหว่างปลูก เพื่อให้ได้ผลผลิตและหัวที่มีคุณภาพสูง แต่เมื่อดินมีความชื้น 65 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถของน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (AWS) จัดเป็นความชื้นที่ไม่อันตรายต่อมันฝรั่ง (ศิริวรรณ, 2547)

3) ความยาววัน มีผลต่อการเจริญเติบโตของมันฝรั่งเป็นอย่างมาก เนื่องจากมันฝรั่งแต่ละพันธุ์จะต้องการความยาววันแตกต่างกัน โดยทั่วไปมันฝรั่งที่มีถิ่นกำเนิดแถบอเมริกาใต้ซึ่งต้องการความยาวของวันอยู่ระหว่าง 12-13 ชั่วโมง พันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในแถบหนาวจะต้องการความยาววันอยู่ระหว่าง 15-16 ชั่วโมง สำหรับมันฝรั่งบางพันธุ์จะสามารถปรับตัวได้ไม่ว่าจะปลูกในสภาพวันยาวและวันสั้น หากความยาวของวันมีมากกว่า 12 ชั่วโมง จะทำให้มันฝรั่งแตกกิ่งก้านและใบมากในมันฝรั่งบางพันธุ์จะมีการสร้างหัวเกิดขึ้นได้เลย ดังนั้น อุณหภูมิและความยาววันเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง ในประเทศไทยเกษตรกรต้องเตรียมการปลูกมันฝรั่งในช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ควรปลูกมันฝรั่งในช่วงฤดูหนาวในต้นเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือน

ธันวาคม เพื่อทำให้มันฝรั่งเจริญเติบโตทางกิ่งก้านและใบได้อย่างเต็มที่ก่อนจะสร้างหัว สำหรับช่วงการสร้างหัวที่เหมาะสม คือ ช่วงกลางเดือนธันวาคมถึงต้นเดือนมกราคม จะทำให้ผลผลิตของมันฝรั่งสูงกว่าในช่วงอื่นและทำให้หัวมันฝรั่งที่ได้มีผิวเรียบไม่ขรุขระซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาด (Iritani and Thormton, 1984)

4) ความเป็นกรดด่างของดิน (pH) ดินควรมี pH 5.2-7.8 กล่าวคือ หากค่า pH น้อยกว่า 6.0-7.0 การใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารบางพวก เช่น ไนโตรเจน โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ แคลเซียม แมกนีเซียม และโมลิบดีนัม จะลดลง ในขณะที่การใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารจำพวกเหล็ก แมงกานีส โบรอน คอปเปอร์ และสังกะสี จะลดลงหากดินมี pH มากกว่า 6.0-7.0 สำหรับธาตุอาหารบางตัวจะเป็นพิษหากในดินมีค่า pH มากหรือน้อยเกินไป (Vogt,1985) ในมันฝรั่งที่ปลูกในดินที่มี pH 5.2-5.5 จะช่วยป้องกันการเกิดโรค potato scab ได้

2.10 การให้น้ำ

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อมันฝรั่งดังนั้นควรให้น้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ หากให้น้ำมันฝรั่งมากเกินไปจะทำให้หัวมันฝรั่งแตกเป็นสะเก็ดหัวไม่สวยได้ เนื่องจากเซลล์ที่ผิวขยายไม่ทัน เกิดจุดสีขาวบริเวณรูหายใจ (lenticels) ทำให้มันฝรั่งคายน้ำไม่ทัน และหากขาดน้ำลำต้นมันฝรั่งจะแคระแกร็นการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง และเมื่อมันฝรั่งได้รับน้ำไม่สม่ำเสมอในฤดูปลูกตลอดจนเก็บเกี่ยวจะทำให้เกิด secondary growth ทำให้เกิดปุ่มปมและราคาตก โดยทั่วไปความชื้นควรอยู่ประมาณ 45-60% ที่ระดับความลึก 90-100 เซนติเมตร มันฝรั่งจะต้องการน้ำประมาณ 400-800 มิลลิลิตร หากในประชากรที่มีความหนาแน่นประมาณ 40,000 ต้นต่อให้เฮกตาร์ (6,400 ต้นต่อไร่) พบว่า มันฝรั่งจะต้องการน้ำ 100-200 ลิตรต่อต้น การเจริญเติบโตตลอดฤดูกาลปลูกหากปริมาณน้ำในดินสูงใกล้จุดอิ่มตัวปริมาณของออกซิเจนในดินจะต่ำมาก เป็นสาเหตุทำให้รากพืชเกิดความเสียหาย จะเห็นได้จากการที่ให้น้ำมากเกินไปหรือมีฝนตกหนักมาก และดินระบายน้ำไม่ดี สังเกตได้จากต้นพืชเกิดอาการเหี่ยวเฉาขึ้นมาทันทีเพราะรากพืชตายจากสภาพดินหรือวัสดุที่มีความชุ่มไปด้วยน้ำ ทำให้หัวที่กำลังสร้างเกิดการเน่าเสียหายตามไปด้วย ภายใต้สภาพน้ำมาก lenticels ที่หัวจะเปิดและขยายตัวทำให้เชื้อแบคทีเรียสามารถเข้าไปทำลายในต้นพืชได้ง่าย ต้นพืชที่อายุน้อยจะมีการเจริญเติบโตเร็วและเกิดความเสียหายได้เพราะมีความชื้นในดินสูงมากกว่าต้นพืชที่มีอายุมาก จากการทดลองของ ศิริพร (2542) พบว่า ช่วงฤดูฝนการปลูกมันฝรั่งบนพื้นที่สูงในประเทศไทยเป็นการปลูกโดยอาศัยน้ำตามธรรมชาติจะพบปัญหาการเหี่ยวของต้นพืชบ่อยครั้ง เมื่อมีฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันหลังจากปลูกหรือหลังจากต้นมันฝรั่งงอกได้ไม่เกิน 30 วัน ทำให้แปลงปลูกเกิดความเสียหายและแก้ไขได้ยาก สมชาย (2545) ได้ศึกษาการให้น้ำชลประทานที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิดิน โดยช่วงแรกของฤดูปลูกตั้งแต่ระยะที่หัวพันธุ์มันฝรั่งงอกเป็นต้นอ่อนจนถึงระยะ

การเจริญเติบโตของลำต้นและใบ มันฝรั่งจะต้องการอุณหภูมิดินที่สูงกว่าระยะที่ต้นมันฝรั่งเริ่มลงหัว จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ดังนั้น ควรให้น้ำชลประทานแบบจังหวะห่างในช่วงแรกและหลังจากต้นมันฝรั่งเริ่มลงหัว ควรให้น้ำถี่ขึ้นเพื่อรักษาอุณหภูมิดินหรือวัสดุปลูกให้ลดลง

2.11 ธาตุอาหาร

ธาตุ (Element) เป็นสสารที่ประกอบด้วยอะตอมเพียงชนิดเดียวไม่สามารถสลายตัวให้กับสารอื่น ๆ ได้มีคุณสมบัติแตกต่างจากเดิม การกำหนดธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช Arnon and Stout (1939) กล่าวว่า

1) พืชจะไม่สามารถดำเนินกิจกรรมให้ครบวัฏจักรของชีวิตได้หากขาดธาตุอาหารที่จำเป็น

2) ไม่มีธาตุอาหารใดที่สามารถแทนที่ธาตุอาหารที่จำเป็นได้

3) ธาตุอาหารที่จำเป็นนั้นจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับโภชนาการของพืช เช่น เป็นองค์ประกอบของสารที่จำเป็นในกระบวนการ metabolite ต่าง ๆ ของพืช หรือพืชนั้นต้องการธาตุอาหารนั้นในปฏิกิริยาของระบบเอนไซม์

มีการจัดกลุ่มธาตุอาหารขึ้นมาเนื่องจากปริมาณของธาตุอาหารแต่ละตัวที่พบในเนื้อเยื่อพืชมีความแตกต่างกันมาก โดยการวัดปริมาณธาตุอาหารที่พบในพืชจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

1. Macronutrients (มหธาตุ) ได้แก่ C, H, O, N, P, K, Ca, Mg และ S เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1.1) Structure Elements ได้แก่ C, H และ O เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างพืช จัดว่าเป็นธาตุ non-mineral elements

1.2) Primary Elements ได้แก่ N, P และ K เป็นกลุ่มธาตุอาหารที่พืชต้องการมากที่สุด mineral elements

1.3) Secondary Elements ได้แก่ Ca, Mg และ S เป็นกลุ่มธาตุอาหารที่พืชต้องการและดูดใช้ปริมาณสูงสุดรองจาก Primary Elements

2. Micronutrients (จุลธาตุ) เป็นกลุ่มธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับ Macronutrients ได้แก่ Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo, Cl, และ Ni

2.11.1 ไนโตรเจนกับการเจริญเติบโตของพืช

โดยทั่วไปถ้าไนโตรเจนในพืชจะมีประมาณ 1-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีความสำคัญต่อพืช เนื่องจากเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของรงควัตถุในใบเป็นสารสีเขียวของพืช คือ คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ช่วยในการสังเคราะห์แสง พืชต้องการไนโตรเจนในการสร้างสารประกอบหลายชนิด เช่น กรดนิวคลิอิก (nucleic acid) กรดอะมิโน (amino acid) โปรตีน (protein) และน้ำตาล (sugar) โดยไนโตรเจนอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งเป็นสารประกอบ คือ เอนไซม์ เป็นตัวเร่งกระบวนการทางชีววิทยา

(biological process) ในพืช เซลล์พืชแต่ละเซลล์ที่กำลังเจริญเติบโตจะต้องการสารประกอบไนโตรเจนในปริมาณมากเพื่อการแบ่งเซลล์ (cell division) ทำให้เกิดการสร้างเซลล์ใหม่ขึ้น ในการสังเคราะห์แสงพืชจะสามารถผลิตคาร์โบไฮเดรตจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ หากไม่มีไนโตรเจนจะไม่เกิดกระบวนการต่อไปในการผลิตโปรตีน กรดนิวคลิอิก เอนไซม์ และสารจำเป็นชนิดอื่น ๆ ต่อพืชได้ ดังนั้น หากเกิดการขาดไนโตรเจนรุนแรงจะทำให้พืชหยุดกระบวนการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ ความเข้มข้นสูงของไนโตรเจนจึงพบในเนื้อเยื่อใหม่และมีลักษณะอ่อนนุ่ม เช่น บริเวณส่วนปลายของต้นพืช ตาต้นไม้ บริเวณดอกตูมหรือหน่อ และใบอ่อน เป็นต้น ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของโปรตีน ส่วนใหญ่จะสามารถเคลื่อนที่และผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีตลอดเวลา เมื่อเซลล์ที่เกิดใหม่โปรตีนส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่จากเซลล์เก่าไปยังเซลล์ที่ใหม่กว่า (จีราภรณ์, 2563)

2.11.2 รูปและหน้าที่ของฟอสฟอรัสในพืช

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ถูกขนานนามว่าเป็น กุญแจ หรือ รหัสแห่งชีวิต (The key to life) เนื่องจากธาตุอาหารฟอสฟอรัสจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมด ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของเซลล์ที่มีชีวิต โดยเป็นส่วนหนึ่งของ nucleoproteins ที่นำพารหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตหมายถึง เป็นส่วนประกอบของ DNA และ RNA จึงมีความจำเป็นในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในช่วงระยะแรกและช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้ ฟอสฟอรัสจึงมีแนวโน้มที่มีความเข้มข้นสูงในเมล็ดและในช่วงที่พืชกำลังมีการเจริญเติบโต และฟอสฟอรัสยังช่วยในเรื่องการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของรากพืช บทบาทสำคัญของฟอสฟอรัสในพืช คือ ช่วยกักเก็บและถ่ายทอดพลังงานเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของ ATP (adenosine triphosphate) และ ADP (adenosine diphosphate) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ถ่ายทอดพลังงาน (energy transformations) ให้กับสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปพลังงานจะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อฟอสเฟต (phosphate) บริเวณปลายของ ATP หรือ ADP ถูกแยกออกมาจะได้พลังงานจากการสังเคราะห์แสงและการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) จะถูกกักเก็บไว้ในรูปของ phosphate เพื่อให้พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป (จีราภรณ์, 2563)

2.11.3 บทบาทของโพแทสเซียมในพืช

พืชจะดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมในรูปของโพแทสเซียมไอออน (K^+) ธาตุนี้เมื่อพืชดูดเข้าไปจะแตกต่างจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเนื่องจากโพแทสเซียมไม่ได้อยู่ในรูป organic compound แต่อยู่ในรูป ionic form คือ K^+ โพแทสเซียมจะอยู่ในส่วนของสารละลายหรือส่วนที่ถูกดูดซับด้วยประจุลบบนผิวเนื้อเยื่อพืช ดังนั้น หน้าที่ของโพแทสเซียมในพืชส่วนใหญ่จะเป็นหน้าที่ทางอ้อม

คือ เป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีทำให้กระบวนการต่าง ๆ ดำเนินการไปได้อย่างถูกต้อง บทบาทของโพแทสเซียมแบ่งได้เป็น 2 ประการ ดังนี้

1. การกระตุ้นฤทธิ์ของเอนไซม์ (Enzymes activation) เป็นหน้าที่ที่สำคัญมากที่สุดของโพแทสเซียม เนื่องจากโพแทสเซียมจะถูกเรียกว่าเป็น The regulator ทำหน้าที่กระตุ้นฤทธิ์ของเอนไซม์ในพืชมากกว่า 60 ชนิด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญขั้นพื้นฐานในกระบวนการเผาผลาญของพืช (metabolic processes) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตโปรตีนและน้ำตาล ดังนั้น จะพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมจะสูงในส่วนที่พืชกำลังเจริญเติบโตและในเมล็ดพืชที่ยังอ่อนอยู่ ยกตัวอย่างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโพแทสเซียม เช่น Starch synthetase เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการเปลี่ยน soluble sugar เป็น starch ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการสร้างหัวของมันฝรั่ง

2. บทบาทที่เกี่ยวข้องกับ solution ionic strength ในเซลล์พืชรวมถึงปรับสมดุลของประจุ (charge balance) และแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ในเซลล์และระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ ทำหน้าที่เกี่ยวกับ charge balance ทำให้ organic anions และสารประกอบอื่น ๆ ในพืชมีคุณสมบัติเป็นกลางเพื่อรักษาสมดุล ของ pH ให้คงที่อยู่ระหว่าง 7-8 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในพืช ส่วนแรงดันออสโมติก K^+ มีหน้าที่เป็นไอออนสำหรับพืชเพื่อใช้ในการรักษาระดับสมดุลของน้ำในเซลล์ หมายถึง ช่วยในเรื่องความเต่งของเซลล์นั่นเอง (turgor หรือ rigidity) ความเข้มข้นของ K^+ ใน cell sap (สารละลายในเซลล์พืช) มีการสร้างสภาพที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ เรียกว่า เกิด osmosis ผ่านผนังเซลล์เข้าไปในช่องว่าง เพราะการสะสมโพแทสเซียมบริเวณรากพืชจะเกิดการลดหลั่นของ osmotic pressure และทำให้เกิด osmotic pull ซึ่งจะทำให้เกิดการดูดน้ำเข้าสู่รากพืช ดังนั้น เซลล์ที่มีความเต่งจะสามารถรักษาความแข็งแรง ช่วยให้เซลล์คงรูปร่างอยู่ได้ กิ่งหรือใบพืชแผ่กลางออก ยอดพืชตั้งตรง เพิ่มความต้านทานโรค และทำให้ใบพืชสดชื่นอยู่ตลอดเวลา พืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีความสามารถดูดน้ำได้น้อยและทนต่อการขาดน้ำต่ำ (จีราภรณ์, 2563)

2.11.4 รูปและหน้าที่ของซัลเฟอร์ในพืช

พืชจะดูดใช้ซัลเฟอร์ในรูปของ SO_4^{2-} ส่วนมากดูดจากทางราก ซัลเฟอร์ในรูปของ $S_2O_3^{2-}$ (Thiosulfate) จะดูดซับผ่านทางรากเช่นกันแต่ไม่มาก นอกจากทางรากแล้วพืชจะดูดใช้ซัลเฟอร์ในรูปของก๊าซ SO_2 ได้แต่ในปริมาณที่น้อยมากและดูดซึม (absorbed) ในรูปของ SO_2 ผ่านทางใบพืช หากก๊าซนี้มีมากในพืชจะเป็นพิษต่อพืชได้ ในปัจจุบัน SO_2 มีปริมาณสูงมากในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากมีการใช้น้ำมันจากแหล่งพลังงานมากเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันก่อให้เกิด SO_2 ที่ปะปนในอากาศสูงและมีการละลายมากับน้ำฝนกลายเป็นฝนกรดทำให้พืชเสียหายได้เช่นกัน โดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นของซัลเฟอร์ในพืชอยู่ในช่วง 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณของซัลเฟอร์

ในพืชจะมีความแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของพืช เมื่อต้นพืชมี SO_4^{2-} ส่วนมากจะถูก reduce ให้เป็นสารประกอบในรูปของ -S-S และ -SH ส่วนของ SO_4^{2-} จะพบในเนื้อเยื่อพืชและน้ำเลี้ยงในเซลล์พืช ต้องการซัลเฟอร์ เพื่อสังเคราะห์ S-containing amino acid ได้แก่ cystine cysteine และ methionine เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน ทำหน้าที่สร้างพันธะ disulfide (-S-S) ระหว่าง polypeptide chains ในโครงสร้างของโปรตีนช่วยให้โครงสร้างของโปรตีนสามารถปรับเข้าหากันและมีความเสถียรมากยิ่งขึ้นในการเชื่อมต่อโดยพันธะ disulfide จะสำคัญมากในด้านของการกำหนดคุณสมบัติของการจัดเรียงตัว รูปร่าง การเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือโครงสร้างของโปรตีน นอกจากนี้ซัลเฟอร์จะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีนหลายชนิดแล้วยังเป็นส่วนประกอบของ วิตามิน ฮอร์โมนพืช coenzyme บางชนิด และซัลเฟอร์ยังเป็นองค์ประกอบของสารหอมระเหยที่มีคุณสมบัติด้านรสและกลิ่นของพืชในตระกูล mustard และ onion (จีราภรณ์, 2563)

2.11.5 รูปและหน้าที่ของแคลเซียมในต้นพืช

พืชมีการดูดใช้แคลเซียมในรูปของ Ca^{2+} จากในสารละลายดินปริมาณแคลเซียมในพืชมีประมาณ 0.2-1 เปอร์เซ็นต์ กลไกหลักที่ลำเลียงแคลเซียมไปยังรากพืช คือ root interception และ mass flow โดยทั่วไปอาการขาดแคลเซียมจะไม่ค่อยเกิดขึ้น แต่จะเกิดขึ้นได้ในกรณีของดินที่มีการชะล้างสูงและดินกรดที่ยังไม่ได้ใส่ปูน เช่น ดินในพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยทั่วไป Ca^{2+} มีความจำเป็นต่อโครงสร้างของเนื้อเยื่อผนังเซลล์ของพืช แคลเซียมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์และเกี่ยวข้องกับกระบวนการแบ่งเซลล์ (cell division) รวมถึงกลไกในการซึมผ่านของน้ำ (permeability) และการเรียงตัวของเซลล์ (cell elongation) ดังนั้นการขาด Ca^{2+} จะลดการพัฒนาส่วนที่เป็น terminal bud ในส่วนที่เป็นด้านปลายสุดของรากพืชจะส่งผลทำให้พืชหยุดการเจริญเติบโต มีการยับยั้งการแตกและการแผ่ของใบใหม่ ในขณะที่ปลายใบพืชจะมีสีซีดแล้วยางเหนียวซึ่งทำให้ปลายใบมีลักษณะติดกันคล้ายปลายใบม้วน และผนังเซลล์อ่อนแอ นอกจากนี้ Ca^{2+} ยังเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนโดยการส่งเสริมการดูดใช้ NO_3^- ของพืชโดยมีการดูดซึม cations ตัวอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับ Ca^{2+} เช่น การดูดซึม K^+ และ Na^+ จะไม่เท่ากัน หากไม่มี Ca^{2+} อยู่ แต่เมื่อมี Ca^{2+} อยู่การดูดซึมของ K^+ จะสูงกว่า Na^+ เป็นต้น Ca^{2+} มี (จีราภรณ์, 2563)

2.11.6 รูปและหน้าที่ของแมกนีเซียมในต้นพืช

พืชดูดใช้แมกนีเซียมในรูปของ Mg^{2+} จากส่วนของสารละลายดินโดยรากพืชจะรับแมกนีเซียมส่วนใหญ่โดยกระบวนการ mass flow และ diffusion ผ่านกลไก root interception ทำให้พืชได้รับ Mg^{2+} มีน้อยกว่า Ca^{2+} มาก ความเข้มข้นของ Mg^{2+} ในพืชมีประมาณ 0.1-0.4 เปอร์เซ็นต์ Mg^{2+} เป็นองค์ประกอบขั้นพื้นฐานของ chlorophyll เมื่อพืชขาด chlorophyll จะไม่สามารถสังเคราะห์

แสงได้ โดยแมกนีเซียมใน chlorophyll จะมีประมาณ 15-20% ของ Total Mg แมกนีเซียมเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างใน ribosome ซึ่งทำให้รูปทรงเหมาะสมและมีเสถียรภาพในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน Mg^{2+} เกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายเทต่าง ๆ (transfer reactions) ของ phosphate reactive group จะมีความจำเป็นต่อกิจกรรมของเอนไซม์ phosphorylating enzyme (ATPase) ในกระบวนการ carbohydrate metabolism ซึ่งโดยปฏิกิริยาส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทฟอสเฟต (ATP เป็น ADP) เกิดจากการสลายพันธะฟอสเฟตของ ATP ซึ่งเป็น high energy bond อาศัยเอนไซม์ ATPase ทำให้มีการปลดปล่อยพลังงานออกมาเพื่อใช้สำหรับปฏิกิริยาต่าง ๆ ในต้นพืช Mg^{2+} มีความจำเป็นต่อปฏิกิริยาที่จำเป็นต้องใช้ ATP โดย Mg^{2+} จะจับ ATP ตรงไนโตรเจนเบสและกลุ่มของฟอสเฟต ได้สารประกอบเชิงซ้อน MgATP ภายหลัง MgATP จะสามารถจับกับ active site ของเอนไซม์ ATPase ได้ ทำให้ช่วยเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ก่อให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในต้นพืช Mg^{2+} ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ดีจึงมีความพร้อมที่จะขนถ่ายจากใบแก่ยังใบอ่อน ดังนั้น อาการขาดแมกนีเซียมจะเกิดขึ้นที่บริเวณใบล่างก่อน โดยแสดงอาการเหลืองระหว่างเส้นใบซึ่งเส้นใบยังคงเขียวอยู่ (อรวรรณ, 2551)

2.11.7 เหล็ก (Iron)

พืชดูดใช้เหล็กในรูปของ ferrous ion (Fe^{2+}) เกี่ยวข้องกับกระบวนการ enzymatic transformationของเอนไซม์หลายชนิดในพืช เอนไซม์กลุ่มนี้เกี่ยวข้องกับ chlorophyll synthesis เมื่อพืชขาดเหล็กการผลิต chlorophyll จะลดลงทำให้เกิดลักษณะอาการเรียกว่า chlorosis symptoms ใบพืชมีมีลักษณะสีเหลือง สารประกอบของเหล็กในต้นพืชจะไม่อยู่ในรูปของไอออนแต่จะอยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนหลายประเภท เช่น ฮีมโปรตีน (heme protein) หรือโปรตีนที่ประกอบด้วยธาตุเหล็กและกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เป็นต้น ตัวอย่างสารประกอบของเหล็กและพืช เช่น porphyrin molecules ได้แก่ cytochromes heme hematin ferrichrome และ leghemoglobin ซึ่งสารประกอบดังกล่าวเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ของเหล็กจะอยู่ใน chloroplast และอีก 90 เปอร์เซ็นต์ ของเหล็กในใบจะอยู่ที่ lipoprotein ของ chloroplast และ mitochondria membrane (อรวรรณ, 2551)

2.11.8 แมงกานีสในพืช

แมงกานีสส่วนใหญ่จะอยู่ในสารละลายดินในรูปของ Mn^{2+} ในพืชปริมาณของแมงกานีสจะแปรผันตามความเป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งปริมาณแมงกานีสที่เหมาะสมกับพืชทั่วไปอยู่ประมาณ 40-200 ppm โดยหน้าที่ของแมงกานีสในพืชจะเกี่ยวข้องกับการสร้าง chlorophyll และ enzyme system กระบวนการทางชีวเคมีในพืชหลายประเภทจะอาศัย Mn^{2+} ซึ่งมีหน้าที่คล้ายกับ Mg^{2+} และ

ไอออนทั้งสองตัวนี้จะเป็นตัวเชื่อม ATP กับ enzyme ได้ ในปฏิกิริยา citric acid cycle ธาตุแมงกานีสจะมีความจำเป็นต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและยังมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสงและปลดปล่อยออกซิเจนอีกด้วย (อรวรรณ, 2551)

2.11.9 ทองแดงในพืช

ทองแดงเกี่ยวข้องกับการสร้างสารประกอบ chlorophyll ในพืชและมีความสำคัญในระบบเอนไซม์ของพืช คือทำหน้าที่เป็น coenzyme เช่น เป็นตัวกระตุ้นฤทธิ์เอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ lactase และ tyrosinase และมีเอนไซม์บางชนิดไม่ว่าจะเป็น polyphenol oxidase และ diamine oxidase ที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์ lignin ที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบหากพืชแสดงอาการขาดทองแดงจะทำให้การเจริญทางใบ และลำต้นผิดรูปส่งผลให้ลำต้นล้มได้ง่าย โดยทองแดงมีความสำคัญในด้านอื่น ๆ เช่น

- เกี่ยวข้องกับกระบวนการ oxidation-reduction คล้ายเหล็ก
- เป็นองค์ประกอบใน chloroplast ส่วนของ plastocyanin ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ มีหน้าที่เป็นพาหะ electron ในกระบวนการสังเคราะห์แสง
- ช่วยในกระบวนการหายใจของพืชและทำให้พืชสามารถใช้ธาตุเหล็กได้มากขึ้น
- เกี่ยวข้องกับกระบวนการ carbohydrate และ lipid metabolism กระบวนการสังเคราะห์แสงถูกเหนี่ยวรั้งด้วยการขาดทองแดง ในขณะที่พืชเจริญเติบโตช่วง vegetative growth stage จะทำให้การผลิต carbohydrate และการเจริญเติบโตของพืชลดลง หากเป็นช่วง reproductive growth stage จะมีการสะสมของ carbohydrate ในพืชและหยุดยั้ง pollination และ seed set ทำให้การพัฒนาของผลลดลง และมีการลดลงของการสังเคราะห์แสง หากไม่มีส่วนใดของพืชที่ใช้เก็บสะสมคาร์โบไฮเดรตหรือไม่มีการพัฒนาเกิดขึ้นจึง ทำให้การสะสม carbohydrate ของพืชไปสะสมในส่วนอื่น ๆ ของพืชแทน (อรวรรณ, 2551)

2.11.10 สังกะสีในพืช

พืชจะดูดใช้สังกะสีในรูปของ Zn^{2+} ที่สังเคราะห์ขึ้นหรือเกิดขึ้นตามธรรมชาติ อยู่ในรูปที่เป็นส่วนประกอบของ organic complex สังกะสีเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิด แต่ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าเกี่ยวข้องในลักษณะใด สังกะสีมีความสำคัญในการสังเคราะห์ growth hormone ของพืชกลุ่ม Auxins หรือ IAA หากพืชขาดสังกะสีจะมีการผลิต growth hormone ลดลง ก่อให้เกิดความยาวระหว่างข้อสั้นลง และใบมีขนาดเล็กกว่าปกติ สังกะสียังมีความจำเป็นสำหรับการสร้าง chlorophyll และมีหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้สังกะสีมีความเกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของ ribosome ใน cytoplasm (อรวรรณ, 2551)

2.11.11 โบรอนในพืช

พืชดูดใช้โบรอนในรูป boric acid (H_3BO_3) เป็นส่วนใหญ่ แต่ถ้าอยู่ในรูปของ anion ($H_2BO_3^-$, (HBO_3^{2-}, BO_3^{3-}, $B_4O_7^{2-}$) จะเกิดขึ้นในช่วง pH มากกว่า 7 โบรอนบทบาทสำคัญในการสร้าง DNA และ RNA โดยการรวมตัวของฟอสเฟตเป็น nucleic acid เป็นธาตุที่จำเป็นในการขนย้ายสารประกอบประเภทน้ำตาลที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปยังเนื้อเยื่อที่มีการเจริญเติบโต เช่น root tip, leave, buds เป็นต้น มีหน้าที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการพัฒนาและการเจริญเติบโตของเซลล์ใหม่ในเนื้อเยื่อ meristem การผสมเกสรที่สมบูรณ์ การสร้างเมล็ด และผล การขนย้ายสารประกอบคาร์โบไฮเดรต ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ดังนั้น หากพืชขาดโบรอนการดูดใช้ธาตุอาหารจะผิดเพี้ยน เช่น รากจะดูฟอสเฟตได้น้อย ลักษณะของพืชมีการเจริญที่ผิดรูปร่าง จะมีความรุนแรงมากหากดินมีสภาพขาดน้ำและมีการใช้ปูนมากเกินไปหรือมีการทำให้น้ำมีความเป็นด่างแก่พืช (อรวรรณ, 2551)

2.11.12 โมลิบดีนัมในพืช

โดยทั่วไปพืชจะต้องการโมลิบดีนัมในปริมาณที่น้อยมากประมาณน้อยกว่า 1 ppm ต่อน้ำหนักแห้ง พืชจะดูใช้โมลิบดีนัมในรูปของ MoO_4^{-2} โมลิบดีนัมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ nitrate reductase เป็นเอนไซม์ที่อยู่ใน chloroplast ช่วยเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยน NO_3^- ให้เป็น NO_2^- ความต้องการโมลิบดีนัมของพืชจะลดลงเมื่อมี inorganic N ในดินเพิ่มขึ้น โมลิบดีนัมเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ nitrogenase ดังนั้น ลักษณะการขาดโมลิบดีนัมจะคล้ายกับอาการขาดไนโตรเจน จะแสดงอาการเหลืองที่ใบแก่ก่อน ขอบใบไหม้เร็ว ใบที่เพิ่งโตเต็มที่จะหนาม้วนเข้าข้างในคล้ายถ้วย ลำต้นและก้านใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดง ความเป็นประโยชน์ของโมลิบดีนัมจะขึ้นอยู่กับค่า pH ของดิน (อรวรรณ, 2551)

2.11.13 คลอรีนในพืช

พืชดูดใช้คลอรีนในรูป Cl^- ความเข้มข้นของ Cl^- ในพืชอยู่ประมาณ 0.2-2.0 เปอร์เซ็นต์ หน้าที่ของคลอรีนในพืชมีความเกี่ยวข้องกับ osmotic และ cation neutralization ซึ่งเป็นกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ในพืช โดยสารประกอบอินทรีย์ที่พบในพืชที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบมีมากกว่า 100 ชนิด คลอรีนมีความเกี่ยวข้องกับหน้าที่ของแมงกานีสในกระบวนการผลิตคาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์แสงที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ และ evolution ของออกซิเจน โดย Cl^- จะช่วยรักษา electroneutrality ในขณะที่ Mn^{3+} จะให้ electron ออกมาระหว่างการสังเคราะห์แสง คลอรีนได้รับการพิสูจน์ว่ามีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์แสง โดยพบว่าปริมาณคลอรีนในพืชจะอยู่ใน chloroplast ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้คลอรีนยังมีความเกี่ยวข้องกับความเต่งของเซลล์ในขณะที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ (CO_2 เข้าไปและให้ O_2 และ H_2O ออกมา) โดยการสังเคราะห์แสง

ที่เกิดขึ้นบริเวณ guard cell ของ stomata จะเต่งทำให้ปากใบของพืชเปิดมีการแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้น ซึ่งความเต่งของเซลล์นี้เกิดจากการที่ K^+ ถูกปั๊มเข้าไปใน guard cell ดังนั้น K^+ ที่เพิ่มเข้าไปใน guard cell จะต้องทำให้สมดุลโดย organic anions หรือ Cl^- ความเต่ง ของใบพืชจะสูญเสียไป หากมีการขาด Cl^- (อรวรรณ, 2551)

2.11.14 นิกเกิล

เมล็ดพืชจะต้องการนิกเกิลอย่างน้อย 10 ส่วนในพันล้านส่วนเพื่อทำให้เมล็ดสามารถงอกได้ นิกเกิลเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการสลายตัวของ urea ที่ต้องอาศัยเอนไซม์ urease ซึ่งมีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบ หากพืชขาดนิกเกิลจะมีการสะสมของ urea ในพืชทำให้เป็นพิษต่อพืชได้เกิดการตายของเนื้อเยื่อคล้ายแผลฟกช้ำ การเจริญเติบโตของพืชชะงักลงใบอ่อนเหลืองคล้ายอาการขาดธาตุเหล็ก จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งตายอย่างรวดเร็วใบแก่อาจจะมีสีส้ม (อรวรรณ, 2551)

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นช่วงความพอเพียงและเริ่มเป็นเพิษสำหรับเนื้อเยื่อใบมันฝรั่ง ก้านใบและหัว พบว่า ช่วงใบเริ่มบานค่าไนโตรเจนควรอยู่ในระดับ 3.5-4.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.25-0.6 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 0.5-5.0 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.6-2.0 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.3-0.6 เปอร์เซ็นต์ ซัลเฟอร์ 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ โบรอน 25-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เหล็ก 40-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมงกานีส 40-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทองแดง 5-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสังกะสี 25-60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วงใบแก่ค่าไนโตรเจนควรอยู่ในระดับ 3.0-0.4 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 4.0-8.0 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 1.0-2.5 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.3-0.6 เปอร์เซ็นต์ ซัลเฟอร์ 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ โบรอน 25-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เหล็ก 40-150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมงกานีส 25-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทองแดง 5-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสังกะสี 25-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ช่วงก้านใบเริ่มบานค่าไนโตรเจนควรอยู่ในระดับมากกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 5.1-7.0 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.6-2.5เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ ซัลเฟอร์ 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ โบรอน 15-39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เหล็ก 70-250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมงกานีส 20-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทองแดง 6-30มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสังกะสี 20-70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และช่วงที่หัวโตเต็มที่ค่าไนโตรเจนควรอยู่ในระดับ 1.2-1.8 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.20-0.24 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 1.9-2.1 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมมากกว่า 0.6 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.11-0.13 เปอร์เซ็นต์ และซัลเฟอร์ 0.11-0.17 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 3 ช่วงความพอเพียงและเริ่มเป็นพิษสำหรับเนื้อเยื่อใบมันฝรั่ง ก้านใบ และหัว

	ใบ (เริ่มบาน)		ใบ (แก่)	ก้านใบ (เริ่มบาน)		หัว (โตเต็มที่)
	ปกติ	เป็นพิษ		ปกติ	เป็นพิษ	
N (%)	3.5-4.5	>6.5	3.0-0.4	>1.5		1.2-1.8
P (%)	0.25-0.6	>1.25	0.2-0.4	0.3-0.5		0.20-0.24
K (%)	0.5-5.0	>6.5	4.0-8.0	5.1-7.0		1.9-2.1
Ca (%)	0.6-2.0		1.0-2.5	0.6-2.5		>0.06
Mg (%)	0.3-0.6		0.3-0.6	0.5-0.8		0.11-0.13
S (%)	0.2-0.5		0.2-0.5	0.2-0.5		0.11-0.17
B (ppm)	25-50	> 55	25-50	15-39		
Fe (ppm)	40-200	>500	40-150	70-250		
Mn (ppm)	40-200	>400	25-200	20-200		
Cu (ppm)	5-20	>50	5-20	6-30		
Zn (ppm)	25-60	>1503	25-50	20-70	>150	

ที่มา : Walworth and Muniz, 1993

2.12 โรคและแมลงที่เป็นศัตรูของมันฝรั่ง

1) โรคใบไหม้ เริ่มแรกแผลบนใบเป็นจุดช้ำฉ่ำน้ำ มีลักษณะกลม จะลุกลามขยายเป็นแผลใหญ่ตรงกลางแผลแห้งสีน้ำตาลขอบแผลเปียกชื้นสีดำ เนื้อเยื่อใบรอบ ๆ ขอบแผลมีสีเหลืองซีดและฉ่ำน้ำ ในสภาพอากาศชื้นจะปรากฏเส้นใยและสปอร์สีขาวหรือเทาที่วงรอบนอกของแผลด้านท้องใบ แผลจะเริ่มปรากฏตรงปลายหรือริม ๆ ขอบใบ ขนาดแตกต่างกันไปตั้งแต่ 2-3 มิลลิเมตร ถึง 3-4 เซนติเมตร กรณีที่เป็นโรครุนแรงใบจะแห้งและดำจะเกิดแผลเน่าแห้งสีน้ำตาลแก่หรือสีดำตามแนวของลำต้นและกิ่งก้าน เมื่อเป็นมากจะหักพับและแห้งตาย (พนม, 2557)

สาเหตุของโรคและการแพร่ระบาด เกิดจากเชื้อราไฟทอฟเทอร่า ซึ่งอาศัยอยู่ในเศษซากพืชที่เป็นโรคและต้นพืชที่หลงเหลือจากการเก็บเกี่ยว การระบาดเกิดจากสปอร์ถูกพัดพาหรือถูกทำให้แพร่กระจายไปโดยลม น้ำ ฝน แมลง และเครื่องมือต่าง ๆ (พนม, 2557)

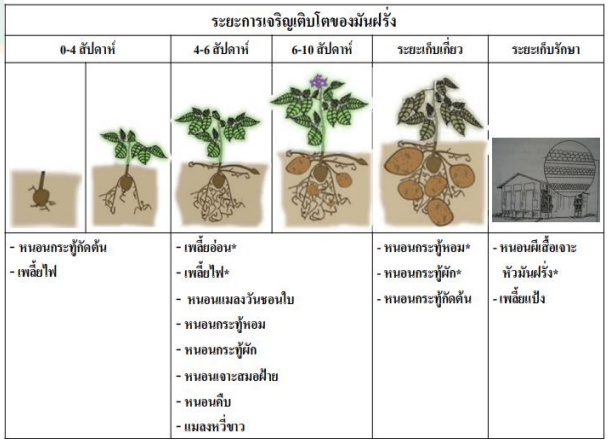
การป้องกันกำจัด หลีกเลี่ยงการปลูกพืชลงในแปลงเก่าที่เคยมีโรคระบาด การใช้สารเคมีควรเน้นหนักไปในการป้องกัน การเกิดโรคหรือติดเชื้อควรเริ่มพ่นเมื่อพืชมีขนาด 15-30 เซนติเมตร อย่างน้อย 10 วัน ก่อนที่โรคจะเกิดขึ้น โดยพ่นทุก ๆ 7-10 วัน หรือ 3-5 วันต่อครั้ง เมื่ออากาศเริ่มชื้นหมอกน้ำค้างจัดหรือฝนชุกและมีการระบาดรุนแรงจากนั้นให้พ่นติดต่อกันไปจนเก็บเกี่ยว สารป้องกัน

กำจัดโรคพืชที่ใช้ได้ผลดีเช่น โพรพีเนบ แมนโคเซ็บ มาเน็บ ซีเน็บ และคอบเปอร์อ๊อกซีคลอไรด์ เป็นต้น

2) โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย เช่น โรคเหี่ยวเขียว (Bacterial wilt) เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ซูโดโมแนส หรือ ราลสโตเนีย (Pseudomonas solanacearum) หรือ (Ralstonia solanacearum) ลักษณะอาการ คือ ต้นมันฝรั่งจะแสดงอาการเหี่ยวที่กิ่งหนึ่งกิ่งใด หรือซีกหนึ่งซีกใดของต้นก่อน ลักษณะใบเหลืองซีด ใบห่อเหี่ยวยอดซบตกงอลงลู่ดิน จากนั้นอาการเหี่ยวจะปรากฏทั้งต้นภายใน 2 สัปดาห์ และจะฟุบตายในที่สุด ลำต้นและหัวที่เป็นโรค ระบบท่อน้ำท่ออาหารจะเป็นสีน้ำตาลหรือดำ และมีของเหลวข้นสีขาวไหลออกมา ถ้าแช่น้ำจะพบกลุ่มเชื้อเกาะกันเป็นเส้นสายสีขาวคล้ายน้ำนมลอยกระจายอยู่ในน้ำ (พนม, 2557)

การควบคุมโรค คือ ถ้าพบต้นเป็นโรคให้ถอนทิ้งทันทีแล้วนำไปฝังหรือเผาทำลาย สำหรับโรคที่เกิดจากไวรัส ควรพ่นสารฆ่าแมลง เพื่อกำจัดเพลี้ยอ่อนที่เป็นพาหะของโรค การควบคุมแมลงพวกเพลี้ยอ่อน พ่นด้วยสารคาร์บาริล (เซพวิน 85) สลับกับคาร์โบซัลแฟน (พอสซ์) ทุก 10 วัน ถ้ามีหนอน ชอนใบและเพลี้ยไฟระบาด ควรพ่นด้วยสารฆ่าแมลงอิมิคาโคลพริด (คอนฟิดอร์ 100 เอสแอล) สลับไซเพอร์เมทริน/ไฟซาโลน (พาร์ซอน) ฉีดพ่นทุก ๆ 5-7 วัน

3) การแพร่ระบาดของหนอนผีเสื้อ จะทำลายใบมันฝรั่งและเจาะเข้าไปในกิ่งก้านและเจาะทำลายหัวในระยะปลูกและจะระบาดรุนแรงช่วงเก็บรักษาในโรงเก็บ จึงไม่ควรปลูกมันฝรั่งหรือพืชอาหารของแมลงชนิดนี้ต่อเนื่องกันตลอดปีควรปลูกสลับกับพืชอื่น เช่น ข้าวโพดหรือข้าวฟ่าง ควรทำความสะอาดแปลงเก็บเศษพืช ทำการพูนโคนให้ดีและให้น้ำแก่มันฝรั่งอย่างสม่ำเสมอ



ภาพที่ 3 ระยะการเจริญเติบโตของมันฝรั่งและชนิดของแมลงที่เข้าทำลาย

ภาพจาก ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, (2560) อ้างอิงจาก (สุพัตรา, 2544)

2.13 วัสดุปลูก (Growing Media)

2.13.1 ความหมายของวัสดุปลูก

วัสดุปลูก (Growing Media) หมายถึง วัตถุต่าง ๆ ที่เลือกนำมาเพื่อใช้ปลูกพืชทดแทนดิน และทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตได้เป็นปกติ วัตถุดังกล่าวอาจเป็นชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดผสมกันก็ได้ และอาจเป็นอินทรียวัตถุหรืออนินทรียวัตถุก็ได้ โดยทั่วไปวัสดุปลูกมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช 4 ประการ คือ ค้ำจุนส่วนของพืชที่อยู่เหนือวัสดุปลูกให้ตั้งตรงอยู่ได้ เก็บสำรองธาตุอาหารพืช กักเก็บน้ำเพื่อเป็นประโยชน์ต่อพืช และแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างรากพืชกับช่องว่างรอบ ๆ ทั้งนี้ คุณสมบัติที่ดีของวัสดุปลูกต้องสะอาด ปราศจากแมลง โรค และเมล็ดวัชพืช มีช่องว่างสำหรับการถ่ายเทหรือหมุนเวียนอากาศ มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ปานกลาง เนื่องจากการอุ้มน้ำที่ดีและเหมาะสม จะทำให้ความชื้นสูงเพียงพอต่อการงอก และเป็นสาเหตุให้เมล็ดเน่า วัสดุปลูกสามารถยึดรากไว้ไม่แตกต่างกันในขณะย้ายปลูก และความอุดมสมบูรณ์สูง (เนตรชนก และชวนพิศ, 2555) ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการผสมวัสดุปลูกพืช เช่น ธรรมชาติของพืช ซึ่งต้องพิจารณาพืชแต่ละชนิดที่ จะปลูกนั้นเจริญเติบโตในวัสดุปลูกชนิดใด เช่น ดินร่วน ดินโปร่งระบายน้ำดี หรือเป็นพืชอิงอาศัยที่ต้องการความโปร่งของวัสดุปลูกมาก ๆ รวมทั้งเลือกวัสดุที่จะนำเป็นส่วนผสมที่หาได้ง่าย (สามารถ, 2562)

พิศมัย (2535) ยังได้กล่าวอีกว่า คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้พิจารณาถึงความเหมาะสม ได้แก่ ความจุในการดูดยึดน้ำ 30-60 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ควรมีที่ว่างระหว่างเม็ดดินหรือความทนประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นช่องว่างสำหรับน้ำและอากาศอย่างละ 25 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวมรวมในช่วง 0.721-0.926 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความเป็นกรดด่าง 5.5-6.5 ค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 1.5-3.0 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออน 10-30 มิลลิกรัมสมมูลย์ต่อ 100 กรัมน้ำหนัก พัชรินิทร (2540) ได้อธิบายคุณสมบัติของวัสดุปลูกที่เหมาะสม ดังนี้ เป็นสิ่งสำคัญมาก รากพืชจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีการระบายอากาศที่ดี ระดับความชื้นและธาตุอาหารเพียงพอการกระจายตัว ของช่องว่างมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในวัสดุที่ถูกยึดไว้ได้ โดยเฉพาะถ้าขนาดของช่องว่างมีขนาดเล็ก จะเกิดการขังน้ำได้วัสดุปลูกที่เหมาะสมควรมีอากาศ 10-20 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 35-50 เปอร์เซ็นต์ ความจุความชื้นของวัสดุปลูกควรอยู่ในช่วง 30-60 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรหรือ 183 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้วัสดุปลูกควรมีความหนาแน่นรวม (bulk density) ที่เหมาะสม เช่น 0.72-1.28 และ 0.15-0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2.13.2 คุณสมบัติของวัสดุปลูก

คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่ต้องพิจารณานั้นแบ่งเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1) คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

คุณสมบัติทางด้านกายภาพ เป็นลักษณะของวัสดุปลูก ที่อธิบายการกระจายตัว ของส่วนที่เป็นของแข็ง น้ำ และอากาศในวัสดุปลูกนี้ สามารถใช้เป็นตัวกำหนดการอุ้มน้ำแก่พืช ได้แก่

1.1) ความหนาแน่นรวม (Bulk density) หมายถึง น้ำหนักแห้งของวัสดุปลูก เปรียบเทียบกับปริมาตร วัสดุปลูกจำเป็นต้องพิจารณาถึงเรื่องน้ำหนัก เพื่อความสะดวกในการ เคลื่อนย้ายขนส่ง แต่จะต้องค้ำจุนพืชได้ คือต้องมีความหนาแน่นเหมาะสม ความหนาแน่นรวมของวัสดุ ที่จะนำมาใช้ในการปลูกพืชก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชด้วย (วิทยา, 2523)

1.2) การอุ้มน้ำ (Water holding capacity) มีความสำคัญในการเตรียมวัสดุปลูก เพื่อจะมีน้ำเพียงพอต่อพืชต้องการเจริญเติบโต การเพิ่มความจุในการดูดยึดน้ำของวัสดุปลูก จะต้องไม่ไปลดการระบายอากาศของวัสดุปลูกที่เหมาะสมอยู่แล้ว การอุ้มน้ำที่เหมาะสมอยู่ที่ 50–65 เปอร์เซ็นต์

1.3) ความมพรุนรวม (Total porosity) ความพรุนเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของวัสดุ ซึ่งจะบอกถึงความสามารถในการถ่ายเทความร้อน และความต้านทานการไหลของอากาศผ่านวัสดุ

2) คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูกที่ควรทราบ ได้แก่

2.1) ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ไม่ได้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง แต่จะมีผลทางอ้อมในด้านความสามารถในการละลายได้ของธาตุอาหารต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์หรือเป็นพิษต่อพืชที่ปลูกอยู่และยังส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในวัสดุปลูกทั้งที่มีประโยชน์และก่อให้เกิดโรค ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของวัสดุปลูกมีผลควบคุมธาตุอาหารที่พืช จะสามารถนำไปใช้ได้ พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในระดับความเป็นกรดด่างเล็กน้อย คือ ในช่วง 6.2-6.8 ถ้าสภาพความเป็นกรดและด่างของวัสดุมีค่าต่ำผิดปกติ ทำให้อะลูมินัมและแมงกานีสสลายออกมากจนเป็นพิษต่อพืช ระดับของความเป็นกรดด่างที่สูงสามารถนำไปสู่การตกตะกอนของธาตุอาหารรอง เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี เพราะฉะนั้นในการใช้วัสดุปลูกทุกครั้ง ควรตรวจระดับความเป็นกรดด่าง และปรับเข้าที่ระดับที่พืชต้องการก่อนนำไปใช้ประโยชน์

2.2) ค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุปลูก (Electrical conductivity) เป็นค่าที่บอกปริมาณเกลือทั้งหมดที่ละลายอยู่ในวัสดุปลูก มีหน่วยเป็นเดซิซีเมนต์ต่อเมตร หรือมิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เกลือที่พบนั้นมาจากเกลือที่มีในตัวของวัสดุปลูก น้ำที่ให้ และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุที่สูงจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในวัสดุปลูกลดลง ส่งผลให้ปลายยอด และราก ไม่เจริญปลายใบด้านล่างแสดงอาการเหลืองซีด แต่ไม่ร่วงหรืออาการไหม้ขอบใบไหม้ และหากปล่อยให้ขาดน้ำก็จะทำให้ต้นพืชที่ปลูกเหี่ยวได้ นอกจากนี้ ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงเกินไปอาจเป็นตัวชักนำทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าได้ด้วย แก้ได้โดยการรดน้ำชะล้างคราบเกลือในวัสดุปลูก3 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารในระบบ NFT อยู่ระหว่าง 2-4 มิลล์ซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าที่สูงกว่านี้จะใช้กับมะเขือเทศระยะปลูก ภายในสภาพที่ความเข้มแสงต่ำ และลดลงถึงประมาณ 3 มิลล์ซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น และการคายน้ำสูง ระดับการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมจะค่อนข้างสูงกว่าในน้ำกระด้าง (แคลเซียมสูง) มากกว่าในน้ำอ่อน (แคลเซียมต่ำ) น้ำที่มีความบริสุทธิ์พอทำให้พืชเจริญเติบโตดี

2.3) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (Cation exchange capacity) ความสามารถของวัสดุปลูกที่จะดูดซับแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับพืชและให้แก่พืชเมื่อมีความต้องการ อินทรียวัตถุ ซึ่งบริเวณผิวมีประจุลบสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกของปุ๋ยหรือเกลือที่ละลายน้ำ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ที่เหมาะสมสำหรับวัสดุปลูกในภาชนะควรอยู่ระหว่าง 10-30 มิลล์อีควิวาเลนต์ต่อ 100 กรัมหรือ 10 - 100 มิลล์อีควิวาเลนต์ต่อ100 มิลลิลิตร ถ้าค่าต่ำกว่านี้จะไม่เหมาะสมในการปลูกพืช จึงจำเป็นต้องนำเอาวัสดุอื่น ๆ เช่น พีทมอส เวอร์มิคูไลท์ และอินทรียวัตถุที่ค่า C.E.C. สูง นำมาเป็นส่วนผสมทำให้ส่วนประกอบของวัสดุปลูกมีค่า C.E.C. สูงขึ้น ค่า C.E.C. ควรอยู่ในระดับที่เหมาะสม ค่าสูงเกินไปทำให้มีปริมาณเกลือสูง และถ้าระดับต่ำเกินทำให้สารละลายธาตุอาหารมีปริมาณเกลือต่ำลง

3) คุณสมบัติทางชีวภาพ

คุณสมบัติทางชีวภาพ ได้แก่ อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของอินทรียวัตถุ สารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเป็นประโยชน์หรือโทษต่อพืช และอากาศในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนอกจากให้ธาตุอาหารครบตามที่พืชต้องการแล้ว ยังต้องให้ออกซิเจนแก่รากพืชด้วย พืชต้องการคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ เพื่อช่วยในการสังเคราะห์แสง โดยรวมตัวกับออกซิเจนและถูกดูดเข้าที่ปากใบ แล้วสร้างอาหารให้กับพืช การให้สารละลายธาตุอาหารพืช ควรให้ในประมาณ

ที่พอเพียงถึงทุกส่วนของวัสดุปลูกอย่างสม่ำเสมอ ส่วนวัสดุปลูกที่ไม่สามารถดูดซับน้ำไว้ได้จะถูกระบายอย่างรวดเร็ว

เพื่อให้มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนอย่างเหมาะสมเข้าไปอยู่แทนที่ในส่วนของช่องว่างนั้น ขนาดของเครื่องสูบน้ำไฟฟ้า และความบ่อยครั้งในการให้สารละลายธาตุอาหารพืชขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของวัสดุรองรับพืช การให้สารละลายธาตุอาหารพืชควรให้เฉพาะช่วงกลางวัน การวางแผ่นโฟมให้พ้นผิวของสารละลายจะเกิดช่องว่างระหว่างแผ่นโฟมกับผิวของสารละลาย ช่องว่างนี้จะช่วยให้สารละลายได้สัมผัสกับออกซิเจนมากขึ้น เมื่อปลูกพืชในสภาพอากาศร้อนควรจะเพิ่มอากาศหรือออกซิเจนในสารละลาย โดยให้สารละลายธาตุอาหารมีการไหลเวียนมากขึ้น

2.13.3 ประเภทของวัสดุปลูก

ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีวัสดุหลายชนิด ซึ่งส่วนมากจะเป็นของแข็ง การเลือกใช้วัสดุชนิดใด ขึ้นอยู่กับราคา ความยากง่าย การระบายอากาศดี อุ้มน้ำได้ดี ต้องค้ำจุนรากพืชได้ดี และไม่จำเป็นต้องมีธาตุอาหารอยู่เพียงพอเพราะสามารถใส่ให้ได้ ด้วยการใช้สารเคมีหรือปุ๋ยต่าง ๆ ได้ พัชรินทร์ (2540) ได้แบ่งชนิดของวัสดุปลูกไว้ ดังนี้

1. วัสดุที่ได้จากสารอนินทรีย์ในธรรมชาติ (Natural Inorganic Substrate) เป็นวัสดุที่ช่วยในการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแบ่งได้หลายชนิด คือ

1) ทราย (sand) เป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาไม่แพง และสะอาด ทรายที่นำมาใช้ควรเป็นทรายที่มีขนาดเล็ก ไม่ละเอียดหรือใหญ่จนเกินไป ทรายได้มาจากการผุพังของหินชนิดต่าง ๆ กลายเป็นหินก้อนเล็ก ๆ จึงมีน้ำหนักมาก ไม่มีแร่ธาตุอาหาร ไม่สามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกจึงมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เก็บความชื้นได้ไม่ดี แต่มีความอยู่ตัวสูง ระบายน้ำได้ดี ทรายที่ใช้ทั่วไปมีแบบทรายหยาบเหมาะสำหรับนำมาใช้ผสมวัสดุปลูก ส่วนทรายละเอียดหรือทรายขี้เป็ดมีเม็ดละเอียด สีคล้ำมีดินตะกอนและอินทรีย์วัตถุปนอยู่บ้าง การระบายน้ำไม่ดี จึงไม่เหมาะนำมาใช้ในการปลูกพืชข้อดีของทราย คือ ราคาถูก และหาง่าย ใช้ได้นาน ขนาดของ ทรายมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าละเอียดมากเมื่อความชื้นจับตัวกันแน่น ทำให้การระบายน้ำ และการถ่ายเทอากาศไม่ดี ทำให้พืชเจริญเติบโตไม่ดี ถ้ามีขนาดใหญ่เท่ากรวดเล็ก ๆ ก็มีปัญหาเพราะจะไม่อุ้มน้ำ และต้องให้น้ำบ่อย ซึ่งทำให้เสียเวลา และปริมาณสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ทรายมีความหนาแน่นรวม (bulk density) 1.92 กรัมต่อมิลลิลิตร มีช่องว่างทั้งหมด (total porosity) 36.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ช่องอากาศ (air space) 26.6 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ทรายที่เหมาะสมควรเป็นทรายน้ำจืด

นำมาล้างทำความสะอาดโดยให้มีเศษวัสดุต่าง ๆ ติดมาน้อยที่สุด ไม่ควรมีเกลือติดมาด้วยเนื่องมาจากเกลือที่ติดมาทำให้เป็นอันตรายกับรากพืชได้

2) เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) เป็นแร่ไมก้าที่ขยายตัวเพิ่มขึ้นจากการผ่านความร้อน มีน้ำหนักเบา ไม่ละลายน้ำ สามารถอุ้มน้ำได้ 3-4 แกลลอนต่อลูกบาศก์ฟุต มีการแลกเปลี่ยนประจุบวกได้สูงแล้วปลดปล่อยออกมาทีละน้อย การนำมาใช้ไม่ควรอัดแน่นขณะเปียกจะทำให้รูพรุนเสียไปเป็นแร่ที่พบในธรรมชาติ มีลักษณะเป็นรูพรุน น้ำหนักเบา มีความเป็นกรดด่าง เป็นกลาง ไม่ละลายน้ำ มี 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กมากใช้สำหรับเพราะเมล็ด และขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว ใช้สำหรับปลูกพืชซึ่งจะถ่ายเทอากาศได้ดี ไม่มีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่มีโพแทสเซียม 5-8 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 9-12 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ มี C.E.C. ประมาณ 100-150 มิลลิอีควิวาเลนต์ต่อ 100 กรัม เมื่อให้ความร้อนกับทรายที่มีอุณหภูมิสูง 2,000 องศาฟาเรนไฮต์ น้ำที่อยู่ระหว่างเม็ดทรายจะระเหยเป็นไอออกไป ทำให้เวอร์มิคูไลท์แยกตัวเป็นชั้น มีลักษณะเป็นก้อนหรือเป็นเกล็ดขนาดเล็ก ที่มีรูพรุนเหมือนฟองน้ำซึ่งสามารถดูดซึมน้ำได้สูง

3) เพอร์ไลท์ (perlite) เป็นหินจากภูเขาไฟที่นำไปย่อยและร่อนแล้ว นำเข้าเตาอบที่มีความร้อนประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส การขยายตัวทำให้มีน้ำหนักเบา มีความคงทนสูง ไม่มี C.E.C. ความเป็นกรดด่าง 7.5 ซึ่งจะไม่มีผลต่อวัสดุปลูก มีราคาถูก เพอร์ไลท์มี C.E.C. 1.5 มิลลิอีควิวาเลนต์ต่อ 100 กรัม มีความสามารถในการเก็บน้ำ 27 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีการระบายน้ำดี เพอร์ไลท์ประกอบไปด้วย ธาตุอะลูมิเนียม โปแตสเซียม และโซเดียมอยู่ด้วย แต่ไม่เป็นประโยชน์หรือโทษกับพืชได้ มีการทดลองปลูกคาร์เนชั่นในเพอร์ไลท์ พบว่า คาร์เนชันจะได้รับอันตราย อันเกิดจากพิษของอะลูมินั่มเมื่อความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 5 แต่ถ้าความเป็นกรดด่างของวัสดุปลูกสูงกว่านี้จะไม่แสดงอาการ

4) ใยหิน (rock wool) เป็นวัสดุที่มีรูพรุนเหมือนฟองน้ำประกอบด้วย diabase 60 เปอร์เซ็นต์ dolerite 20 เปอร์เซ็นต์ และยังมีหินปูนเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำมาเผาหรืออบที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส จะมีรูพรุนมาก สามารถดูดซึมน้ำ องค์ประกอบของร็อควูลประกอบด้วย เหล็ก และทองแดง ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช เพราะเป็นสารเฉื่อย ข้อเสียของใยหิน คือ จะเก็บสะสมน้ำไว้มากเกินไป ไม่เหมาะสมในการปลูกพืช คือจะมีเกลือสะสมเมื่อน้ำระเหยหรือถูกดูดนำไปใช้

5) ฟองน้ำสังเคราะห์ (plastic foam) มีหลายชนิด เช่น polystyrene, ploy orethane และ polyphenolic compound เป็นต้น polystyrene เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุปลูกมากที่สุด เนื่องจากอุ้มน้ำได้ดีและมีน้ำหนักเบา

6) เม็ดดินเผา เป็นวัสดุปลูกพืชในบ้านและสำหรับเพาะปลูกตามชายคาระเบียงบ้าน ตลอดจนใช้ผลิตไม้ตัดดอกและพืชผักกินผลในเรือนปลูกพืช มีเกลือที่ละลายน้ำได้ และสารประกอบที่เป็นเกลือที่อาจจะเป็นอันตรายต่อพืชพบว่ามีจำนวนน้อยมาก

2. วัสดุที่ได้จากสารอินทรีย์ในธรรมชาติ (Natural Organic Substrate) เช่น พีทหรือดินเทียม มีความสามารถในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารมากกว่าวัสดุอื่น ๆ เช่น ทราย กรวด การใช้วัสดุเหล่านี้มีความจำเป็นที่ต้องการฆ่าเชื้อเพราะส่วนที่ใช้แล้วสามารถทิ้งไป และหามาแทนที่ได้ สารอินทรีย์ธรรมชาติที่นำมาใช้เป็นวัสดุปลูกที่ไม่ใช้ดินมีหลายชนิด เช่น

1) ขุยมะพร้าว (coir dust) ได้มาจากการแยกเส้นใยมะพร้าวออกจากเปลือกของผล มีน้ำหนักเบา อยู่ในสภาพสะอาดพอสมควร การถ่ายเทอากาศดี มีความยืดหยุ่นตัวดี ไม่อัดแน่นง่าย มีส่วนประกอบของธาตุโพแทสเซียมอยู่ด้วย สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับตอนกิ่ง และผสมกับทรายหยาบเป็นวัสดุเพาะเมล็ดได้ดี ในการผสมดินปลูกควรร่วมกับปุ๋ยไนโตรโจนเป็นส่วนผสมเพื่อทำให้ไม่แสดงอาการใบเหลืองแคระแกร็นได้ ส่วนข้อเสียคือ อาจมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศที่รากพืช มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้และเกิดการอัดตัวแน่น ยากในการกำจัดโรคและแมลง (สุมิตรา และ อิศร์, 2561) ขุยมะพร้าวปกตินำมาเป็นส่วนผสมสำหรับการปลูกพืช เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางฟิสิกส์ของวัสดุปลูกให้ดีขึ้น โดยเพิ่มความสามารถในการดูดธาตุอาหาร เป็นการเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำและอากาศ สามารถอุ้มน้ำได้ถึง 4-5 เท่าของน้ำหนักตัวเอง ขุยมะพร้าวมีสภาพค่อนข้างเป็นกรดเกือบถึงสภาพเป็นกลาง มีโพแทสเซียมค่อนข้างสูง มีขนาดอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0.5 - 2.0 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การซาบซึมน้ำ 0.15 เซนติเมตรต่อวินาที ขนาดของอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในขนาด 0.0047 ไมครอนความหนาแน่นรวม 0.06 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาแน่นอนุภาค 1.55 กรัมต่อมิลลิลิตร ความพรุนทั้งหมด 95.53 เปอร์เซ็นต์ ช่องว่างอากาศ 4.87 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ 35.3 เปอร์เซ็นต์ และความจุในการดูดยึดความชื้นไว้ได้ 8.76 เปอร์เซ็นต์ ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุค่อนข้างสะอาด มีความเป็นกรดเล็กน้อย คือ มีความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 6.2 มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มาก เมื่อนำไปผสมกับทรายก่อสร้างในอัตรา 1:1 เป็นอัตราที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดไม้ดอก ได้มีการใช้ขุยมะพร้าวแกลบ และวัสดุอื่น ๆ ที่เหลือใช้มาทดลองปลูกพืชแทนดิน พบว่าพืชชนิดต่าง ๆ เช่น มะเขือเทศ

แตงกวา แตงเทศ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในวัสดุซึ่งเป็นส่วนผสมของแกลบสด และขุยมะพร้าว ปัจจุบันการปลูกพืชโดย ไม่ใช้ดินเพื่อการค้าในมาเลเซีย ซึ่งเป็นประเทศในเขตร้อน พบว่า ขุยมะพร้าว สามารถนำมาเป็นวัสดุปลูกที่ใช้ได้ดีที่สุด อุ้มน้ำดีมากจนอาจมากเกินไป จนมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ การแลกเปลี่ยนประจุมีค่าสูง เมื่อขุยมะพร้าวผ่านกระบวนการสลายตัว ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำ ความพรุนสูง ความคงทนของโครงสร้างสามารถสลายตัวได้ เหมาะใช้ทำปุ๋ยหมักและใช้เป็นวัสดุ

2) แกลบดิบหรือเปลือกข้าว (rice hull) เป็นวัสดุที่ได้จากการสีเปลือกข้าว น้ำหนักเบา หาได้ง่าย ราคาถูก มีสภาพสะอาดพอสมควร มีการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศได้ดี จึงนิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุปลูก คุณค่าทางเคมีของแกลบประกอบด้วยองค์ประกอบโดยประมาณ ดังนี้ โปรตีน 3.27 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.13 เปอร์เซ็นต์ แป้ง 38.64 เปอร์เซ็นต์ เถ้าถ่านรวม 10.49 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอน 9.53 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าถ่านที่ละลายน้ำได้ 0.96 เปอร์เซ็นต์ C/N ratio ของแกลบอยู่ระหว่าง 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของอินทรียวัตถุที่นำมาผสม ได้มีการใช้วัสดุซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างแกลบสด และขุยมะพร้าว นำมาเป็นวัสดุปลูกพืชชนิดต่าง ๆ เช่น มะเขือเทศ แตงเทศ น้ำเต้า ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว พริกขี้หนูและไม้ดอก เช่น ดาวเรือง เทียนสี ซึ่งทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดี แกลบดิบมีธาตุซิลิกอนช่วยในการตรึงไนโตรเจนและออกซิเจนจากอากาศลงในดิน แต่ควรระวังการนำแกลบดิบใหม่ไปใช้ จะเกิดประบวนการหมักทำให้เกิดความร้อน เกิดก๊าซจากการย่อยสลาย และสะสมความชื้นจนเกิดเชื่อราเข้าทำลายพืชได้ ดังนั้นควรใช้แกลบเก่าหรือนำแกลบดิบมาผ่านการย่อยสลายก่อน ดังนี้

- นำแกลบดิบใส่กระสอบ รดน้ำผสมกับน้ำหมักจากจุลินทรีย์ท้องถิ่น หรือ พด.1 เมื่อครบ 7 วัน เปิดปากถุงแล้วรดน้ำผสมจุลินทรีย์อีกครั้ง ประมาณ 1 เดือน สามารถนำไปใช้ได้ แต่ควรหมัก 2 เดือนขึ้นไปจึงจะดีที่สุด

- นำแกลบดิบปูพื้นคอกสัตว์ ไม่ว่าจะเป็นเล้าไก่ คอกวัว หรือคอกหมู เมื่อสัตว์ขับถ่าย เหยียบย่ำ คุ้ยเขี่ย แกลบดิบและมูลสัตว์จะผสมกันและเกิดการย่อยสลาย ทำให้ได้แกลบดิบที่ผ่านการย่อยสลายและมีส่วนผสมของมูลสัตว์

- นำแกลบดิบกองไว้ตามหัวไร่ปลายนาให้ลม ฝน แสงแดด ช่วยย่อยสลาย แต่วิธีนี้จะใช้เวลาค่อนข้างนาน

3) แกลบดำ (rice husk charcoal) เกิดจากการนำแกลบดิบมาเผาแบบไม่มีออกซิเจนหรือใช้ออกซิเจนต่ำ เพื่อไม่ให้เกิดเปลวไฟลุกไหม้ แกลบดำมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี มีความพรุนที่เหมาะสม และมีความสะอาดเพียงพอเหมาะในนำปลูกพืชไม่ใช้ดินแบบวัสดุปลูก (Substrates culture) มีความเป็นกรดด่าง (pH) 8.5 อุ้มน้ำได้ดี ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำความพรุนสูง มีการสลายตัวน้อย แต่จะมีการอัดตัวบ้างหลังปลูก น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้ราคาถูกราคาถูก ด้วยคุณสมบัติที่เบา โปร่ง ร่วนซุย จึงถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุปลูกพืชหรือวัสดุเพาะเมล็ด เพราะในแกลบดำมีฟอสฟอรัสสูง เร่งการแตกของราก ข้อควรระวัง คือ แกลบดำมีความเป็นด่างสูง ก่อนนำไปใช้ควรแช่น้ำเพื่อเจือจางความเป็นด่างออกไปก่อนถ่านแกลบเป็นวัสดุได้จากการเผาของโรงสีไปเพื่อเป็นพลังงาน ส่วนที่เหลือเป็นถ่านแกลบสีดำมี ส่วนข้อเสียคือ ยากในการกำจัดโรคและแมลง ก่อนนำมาใช้ต้องแช่ด้วยกรดอ่อนก่อนเพื่อลดค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ประมาณ 6 (ชลิตา และขนิษฐา, 2561)

4) พีทมอส ได้มาจากซากพืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำในสภาพที่สลายตัวไม่สมบูรณ์ จึงขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา ซึ่งมีความแตกต่างกันตามสถานที่เกิด ขั้นตอนการสลายตัว แร่ธาตุอาหาร และความเป็นกรด–ด่าง เช่น พีทมอส สามารถอุ้มน้ำได้มากถึง 15 เท่าของน้ำหนักแห้ง มีความเป็นกรดสูง มีธาตุอาหารอยู่น้อยหรือไม่มีเลย มีการนำมาใช้กันมากในการเพาะเมล็ดทางพืชสวน มีราคาค่อนข้างสูง ถ้าเติมในวัสดุมากอาจทำให้น้ำซึมผ่านได้ยาก

5) สแฟกนัมมอส เป็นซากพืชที่ขึ้นตามหนองบึง หรือเป็นส่วนที่ยังมีชีวิตอยู่มาทำให้แห้งมีน้ำหนักเบา สามารถอุ้มน้ำได้สูงถึง 10-20 เท่า เป็นวัสดุที่ค่อนข้างสะอาด มีแร่ธาตุน้อย นิยมนำมาใช้ปลูกกล้าไม้ที่เล็ก ๆ หรือเก็บความชื้นให้กับรากและกิ่งขณะทำการขนส่ง จัดเป็นวัสดุที่ใช้ได้ดีกับต้นกล้ามีสารยับยั้งการเกิดโรคเน่าในดินได้ด้วย

6) ขี้เลื่อย เป็นเศษเหลือของไม้จากโรงงานแปรรูปไม้ ซึ่งก่อนนำมาปลูกควรทำการหมักให้ผุเสียก่อนเพราะขี้เลื่อยใหม่จนเกินไป ทำให้พืชเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนค่อนข้างมากและอาจมีสารที่เป็นพิษ

7) ปุ๋ยหมัก ได้มาจากอินทรียวัตถุที่หมักสลายตัวแล้วส่วนใหญ่ได้มาจากใบไม้ ช่วยเพิ่มฮิวมัสทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น

8) ผักตบชวา จัดเป็นวัชพืชน้ำที่ก่อให้เกิดปัญหา เนื่องจากมีการแพร่กระจายที่รวดเร็ว ซึ่งมีวิธีการป้องกันหลายวิธี เช่น การใช้สารเคมี แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น จักรสาน ปุ๋ยหมัก ดังนั้นถ้าสามารถนำมาเป็นวัสดุปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้ ก็จะเป็นการลดปริมาณของวัชพืช

9) ชานอ้อย เป็นผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล ไฟเบอร์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ เพื่อทดแทนเยื่อไม้จากพืชใบกว้าง ในอุตสาหกรรมผลิตหลายอย่าง เช่น เยื่อกระดาษ แผ่นไม้กระดาน

2.13.4 คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่นำมาวิจัย

วัสดุปลูกที่นำมาใช้ในทดลองผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่ง คือ ขุยมะพร้าว แกลบดิบ แกลบดำ และทราย ดังตารางที่ 4 พบว่า ขุยมะพร้าว มีคุณสมบัติน้ำหนักเบา อุ้มน้ำได้ดีมาก 383 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บความชื้นไว้ได้นาน ขุยมะพร้าว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.40 มีความพรุน 55.9 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่น 0.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แกลบดำมีคุณสมบัติรักษาความชื้น ปรับสภาพความเป็นกรดด่างของดินได้เป็นอย่างดี (สามารถ, 2562) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 9.75 การอุ้มน้ำดี 79.4 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวม 0.69 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุนสูง 61.7 เปอร์เซ็นต์ แกลบดิบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.35 อุ้มน้ำได้น้อย 9.86 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวมต่ำ 0.29 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุนสูง 78.3 เปอร์เซ็นต์ สามารถสลายตัวได้ สามารถใช้เป็นวัสดุปลูกได้ น้ำหนักเบา และทรายหยาบมีการระบายน้ำได้ดี มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.99 การอุ้มน้ำ 25.1 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวมสูง 1.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุนสูง 33.7 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักมาก

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุปลูก

วัสดุปลูก	การอุ้มน้ำ (%dry weight)	ความพรุน (% by V/V)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	น้ำหนัก	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
ขุยมะพร้าว	383	55.9	0.75	เบา	7.40
แกลบดำ	79.4	61.7	0.69	เบา	9.75
แกลบดิบ	9.86	78.3	0.29	เบา	6.35
ทรายหยาบ	25.1	33.7	1.68	หนัก	6.99

2.13.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาของ พรนภา และคณะ (2562) พบว่า ชนิดของวัสดุปลูกต่อน้ำหนักสดหัวแรดิช ในดินผสมทรายผสมวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดหัวของแรดิช เมื่อแรดิชมีอายุ 38 วัน หลังหยอดเมล็ด ดินผสมทรายผสมถ่านแกลบ ให้ผลผลิตน้ำหนักสดหัวแรดิชสูงที่สุด รองมา คือ ดินผสมทรายผสมถ่านแกลบ และ ดินผสมทรายผสมขุยมะพร้าว

การศึกษาของ ชนิตา และขนิษฐา (2561) พบว่า เมื่อเมล่อนอายุได้ 35 วัน หลังปลูก ค่าเฉลี่ยน้ำหนักลูกของเมล่อน พบว่า วัสดุปลูกแกลบเผาแสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักลูกมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกับแกลบเผาผสมกาบมะพร้าวสับ แกลบเผาผสมขุยมะพร้าว แกลบเผาผสมขุยมะพร้าว และกาบมะพร้าวสับ

การศึกษาของ Wendy *et al*. (2015) พบว่า ผลของวัสดุปลูกต่อความสูงของมันฝรั่งมีความแตกต่างกัน โดยความสูงของพันธุ์มันฝรั่งที่ปลูกในวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ พบว่า พันธุ์ Bp1 มีต้นมันฝรั่งสูงที่สุดในวัสดุปลูกเปลือกสน ขี้เลื่อย และขุยมะพร้าว เทียบกับพันธุ์อเมทิสต์ พบว่า มีความสูงที่สุดในวัสดุปลูกขุยมะพร้าว ขี้เลื่อย และเปลือกสน

การศึกษาของ Wawan *et al*. (2018) พบว่า วัสดุปลูกของมันฝรั่งมีผลต่อความสูง พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้ง และสัดส่วนของลำต้นกับราก มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และค่าสังเกตที่พบมากที่สุดอยู่ที่ตำรับการทดลองที่ผสมดินร่วมกับปุ๋ยหมักร่วมกับถ่านแกลบและขุยมะพร้าว

การศึกษาของ ธรรมรัช และคณะ (2564) พบว่า ผลของวัสดุปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของแตงเทศ 4 พันธุ์ ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ วัสดุปลูกทรายผสมกากตะกอนอ้อยที่ใช้ในการปลูกแตงเทศทุกพันธุ์ ส่งผลทำให้แตงเทศมีการเจริญเติบโตผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตดีที่สุด

จากการศึกษาของ ชัยภูมิ (2563) ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและศักยภาพการผลิตผักลิ้นห่านในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต โดยทำาการทดลอง ณ แปลงปฏิบัติการของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต พบว่า การใช้วัสดุปลูกทรายทะเล + ขุยมะพร้าว + มูลวัว อัตราส่วน 1:1:1 เหมาะสมต่อการปลูกผักลิ้นห่าน โดย ให้การเจริญเติบโตของผักลิ้นห่านสูงที่สุด และสามารถ เพิ่มศักยภาพการผลิตผักลิ้นห่านในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตได้ อย่างเหมาะสม

พัชรินทร์ (2540) ศึกษาผลของวัสดุปลูกและออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของคะน้า พบว่า ต้นคะน้าที่ปลูกในขุยมะพร้าวอัดแท่งและขุยมะพร้าวใส่ถ้วยพลาสติกสีดำ ให้ผลผลิตสูงสุดและปริมาณธาตุอาหารที่ให้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และระดับของออกซิเจน

ศุภชัย (2544) ศึกษาวัสดุปลูกและอัตราปุ๋ยต่อการผลิตยอดผักอนามัย พบว่า ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ มีการเจริญเติบโตดีที่สุดในวัสดุปลูกที่ได้จากดินผสมชิ้นไม้สับส่วน ผักกาดกวางตุ้งมีการเจริญเติบโตดีที่สุดในวัสดุปลูกที่ได้จากดินผสมขุยมะพร้าว

วรากร (2559) ศึกษา การเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมคอสในระบบ NFT พบว่า ผักกาดหอมอายุ 21 และ 28 วันหลังเพาะเมล็ดที่ปลูกในขุยมะพร้าว มีความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม จำนวนใบ น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุด และมีความแตกต่างกบวัสดุปลูกอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ธัญพิสิษฐ์ และชัยวัฒน์ (2546) ศึกษาผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของแตงเทศในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่า ต้นแตงเทศที่ปลูกในทรายผสมพีท และพีทผสมเวอร์มิคูไลท์ มีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตดีที่สุด และให้ความหวานเท่ากัน ซึ่งสูงกว่าความหวานของแตงเทศที่ปลูกในวัสดุอื่น ๆ ส่วนน้ำหนักสดของผล ขนาดของผล และความหนาเนื้อ พบว่าไม่มีความแตกต่าง และจากการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุปลูก พบว่า ค่าความเป็นกรดด่างของทุกวัสดุปลูกมีแนวโน้มลดลง และค่าการนำไฟฟ้าของทุกวัสดุปลูกมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น

มุกดา และสุวารี (2548) ศึกษาระยะเวลาการแช่เมล็ดและอัตราส่วนกับวัสดุเพาะต่าง ๆ เพื่อผลิตผักโตเหมี่ยว พบว่า การแช่เมล็ดเป็นเวลา 8 ชั่วโมงก่อนการเพาะเพื่อผลิต ผักโตเหมี่ยวเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากมีผลทำให้ความยาวยอด จำนวนใบ และน้ำหนัก ยอดสดสูงกว่าการแช่เมล็ด 6 ชั่วโมง วัสดุเพาะเมล็ดที่ประกอบด้วยแกลบดำ คือ แกลบดำ:ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1:1 เป็นวัสดุเพาะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักโตเหมี่ยวกว่าวัสดุเพาะที่ ประกอบด้วยทรายโฟมเป็นวัสดุที่ไม่เหมาะที่จะเป็นส่วนประกอบในวัสดุเพาะ เนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่ย่อยสลายในธรรมชาติและไม่มีผลแตกต่างในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดผักโตเหมี่ยว

ปรียาภรณ์ (2546) ศึกษาอิทธิพลของวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผัก พบว่า การตอบสนองของพืชต่อสูตรวัสดุเพาะกล้า ในการทดลองเพาะกล้าครั้งที่ 1 คือ มะเขือเทศ คะน้า และกะหล่ำดอก โดยไม่ทำการเพิ่มธาตุอาหารให้กับต้นกล้า ปรากฏว่า วัสดุเพาะที่ใช้เพาะกล้าเปรียบเทียบให้ต้นกล้าที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด โดยให้ค่าเฉลี่ยความสูง 7.72 เซนติเมตร น้ำหนักสด 0.95 กรัม และน้ำหนักแห้ง 0.1053 กรัม และในการทดลองเพาะกล้าในครั้งที่ 2 หลังจากเพาะเมล็ด 5 และ 10 วัน ทำการให้ยูเรีย (46-0-0) ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ให้กับต้นกล้าแตงกวา ผักกาดขาวปลี และสลัด ปรากฏว่า ขุยมะพร้าว แกลบดิบ ปุ๋ยหมัก (1:1:0.5) ให้ต้นกล้าที่มีอัตราการ

เจริญเติบโตสูงสุด โดยให้ค่าเฉลี่ยความสูง 11.52 เซนติเมตร น้ำหนักสด 5.18 กรัม และน้ำหนักแห้ง 0.3290 กรัม

อารักษ์ (2548) ทดสอบวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอม โดยไม่ใช้ดิน พบว่า ขุยมะพร้าว และเพอร์ไลท์มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดิน และเพอร์ไลท์ยังให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตสูงที่สุด

ลักษมณ (2550) ได้ศึกษาผลของวัสดุเพาะกล้าและปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ โดยใช้แกลบปั่น ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว ปุ๋ยหมัก ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันและใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 อัตรา 0.8 และ 1.6 กรัมต่อลิตรและเปรียบเทียบกับพีทมอส พบว่า การเจริญเติบโตของต้นกล้าอายุ 28 วัน สูตรที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าว + ปุ๋ยหมัก อัตรา 1:0.5 ทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของยอดและรากมากกว่าสูตรอื่น ๆ ส่วนการใช้ปุ๋ยสูตร 16-16-16 ให้การเจริญเติบโตทุกด้านดีกว่าปุ๋ยสูตรอื่น

ชมพู่ และคณะ (2551) ได้ศึกษาผลของวัสดุเพาะกล้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ของต้นกล้ามะเขือเทศ โดยหาวัสดุเพาะกล้าที่ดีมาใช้ประโยชน์ในธุรกิจเพาะกล้า โดยเฉพาะเพื่อลด การนำเข้าจากต่างประเทศ โดยมีวัสดุเพาะจำนวน 18 สูตร เป็นหน่วยทดลอง จากผลการทดลอง พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกล้านั้น พบว่า สูตรที่มีขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+แกลบเผา+filter cake อัตราส่วน 1: 0.5: 1: 1 และสูตรที่มี พีทมอส+filter cake อัตรา 1:1 มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าพีทมอส และพบว่าพีทมอส+filter cake อัตรา 1:1 ให้น้ำหนักแห้งต้นกล้าสูงที่สุด ดังนั้น ในการนำไปใช้ประโยชน์สามารถคัดเลือกวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น แกลบดิบ แกลบเผา และ filter cake นำมาเป็นส่วนประกอบของวัสดุร่วมกับการใช้พีทมอส เพื่อลดต้นทุนค่าพีทมอสลงได้ นอกจากนี้ในกรณีไม่มีพีทมอส สามารถนำวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+แกลบเผา+filter cake อัตราส่วน 1:0.5:1:1 มาใช้เป็นวัสดุเพาะกล้ามะเขือเทศได้

ชานนท์ และวิไลลักษณ์ (2551) ศึกษาการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตต้นกล้ามะเขือเทศเพื่อการผลิตในโรงเรือน : ผลของวัสดุเพาะกล้า และขนาดถาดเพาะที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ พบว่า วัสดุเพาะที่ประกอบด้วย ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+แกลบดำ+filter cake อัตรา 1:0.5:1:1 ให้การเจริญเติบโต น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงกว่า พีทมอส และพีทมอสผสมกับแกลบเผา อัตรา 1:1

เหนียวคำ 2555) ได้ศึกษาผลของวัสดุปลูกอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์สีดา ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงมิถุนายน 2554 พบว่าวัสดุปลูกขุยมะพร้าว

ผสมปุ๋ยหมัก (3:1) และหรือการให้ปุ๋ยเคมีสูตร 20-20-20 มีผลทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ได้แก่ ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางต้น จำนวนใบ ความเขียวใบ น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินสูงที่สุด

เนตรชนก และชวนพิศ (2555) ศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการเกิดรากของต้นกล้าฟักข้าว พบว่า วัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ดินร่วน 1 ส่วน ใบไม้ผุ 2 ส่วน ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน ปุ๋ยคอก 1 ส่วน ให้ค่าเฉลี่ยที่สูงในลักษณะ ความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักรากสด และเป็นวัสดุปลูกที่เหมาะสม ต่อการใช้เป็นวัสดุปลูกต้นฟักข้าวมากที่สุด

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 พื้นที่และระยะเวลาการศึกษา

การศึกษาผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันฝรั่ง ศึกษาในพื้นที่ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระยะเวลาการศึกษาระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2565 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ทำการปลูกในโรงเรือนพลาสติกกันแมลง

3.2 แผนการทดลองและสิ่งทดลอง

ทำการปลูกมันฝรั่งในพื้นที่ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ระยะเวลาการศึกษาระหว่างเดือนกันยายน ปี 2565 ถึง เดือนมีนาคม ปี 2567 การศึกษาทดลองในครั้งนี้ได้ดำเนินการปลูกมันฝรั่งในโรงเรือนพลาสติกกันแมลงของสาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในพื้นที่ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก ที่ผ่านการบ่มหัวพันธุ์มันฝรั่งจนมีหน่องอกออกมาประมาณ 1-3 เซนติเมตร จากนั้นนำไปปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ทั้งหัวต่อหนึ่งถุงปลูก ให้ความลึกของหัวมันฝรั่งอยู่ระหว่างกลางของถุงปลูก หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ มีการให้ปุ๋ยทางน้ำ 150 มิลลิลิตรทุกวัน มีการให้น้ำและปุ๋ยทางน้ำชนิดปุ๋ยเกล็ดทุกสัปดาห์ปริมาณ 500 มิลลิลิตรต่อต้น ทั้งหมด 15 สัปดาห์ โดยใช้ปุ๋ยตลอดฤดูกาลต่อถุงปลูกต่อหนึ่งหัวพันธุ์ทั้งหมด ดังนี้ ไนโตรเจน 3.07 กรัม, ฟอสฟอรัส 2.22 กรัม, โพแทสเซียม 6.13 กรัม, แคลเซียม 1.96 กรัม, แมกนีเซียม 0.87 กรัม, กำมะถัน 1.35 กรัม และธาตุอาหารเสริม ประกอบด้วย เหล็ก ทองแดง สังกะสี โบรอน และแมงกานีส 0.05-0.1 กรัม (ปฏิภาณ และคณะ, 2553) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) ประกอบด้วย วัสดุปลูก 4 ชนิด ได้แก่ ขุยมะพร้าว (coconut coir dust) แกลบดิบ (rice husk) แกลบดำ (rice husk charcoal) และทรายหยาบ (sand) จากนั้นทำการผสมวัสดุปลูกโดยปริมาตรทั้งหมด 9 กรรมวิธี ๆ ละ 10 ซ้ำ ซึ่งวัสดุปลูกแต่ละชนิดบรรจุลงในถุงปลูกสีดำขนาด 5x12 นิ้ว ปริมาตร 4 ลิตร ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 T1 = ขุยมะพร้าว หรือ CC

กรรมวิธีที่ 2 T2 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) หรือ CC + RH (1:1)

กรรมวิธีที่ 3 T3 = ขุยมะพร้าว+แกลบดำ (3:1) หรือ CC + HC (3:1)

กรรมวิธีที่ 4 T4 = ขุยมะพร้าว+ทรายหยาบ (1:1) หรือ CC + S (1:1)

กรรมวิธีที่ 5 T5 = ทรายหยาบ หรือ S

กรรมวิธีที่ 6 T6 = ทรายหยาบ+แกลบดิบ (1:1) หรือ S + RH (1:1)

กรรมวิธีที่ 7 T7 = ทรายหยาบ+แกลบดำ (3:1) หรือ S + HC (3:1)

กรรมวิธีที่ 8 T8 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+ทรายหยาบ+แกลบดำ (1:1:1 :1) หรือ CC + RH + S + HC (1:1:1:1)

กรรมวิธีที่ 9 T9 = แกลบดิบ หรือ RH

3.3 การเตรียมวัสดุปลูกและหัวพันธุ์

1. ล้างหัวมันฝรั่งด้วยน้ำสะอาด 1-2 รอบ หลังจากนั้นใช้คลอรีนที่เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ล้างทำความสะอาดหัวพันธุ์ และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกหนึ่งรอบ แล้วผึ่งให้หัวพันธุ์แห้ง

2. นึ่งฆ่าเชื้อวัสดุปลูก 1 วัน ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาผสมกับเชื้อไตรโครเดอมา เพื่อช่วยป้องกันเชื้อโรคในวัสดุปลูก

3. ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นถุงปลูก 10 กรัมต่อถุง ถุงขนาด 5x12 นิ้ว

3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุปลูกและพืชทางเคมี

การวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุปลูก

1. วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัสดุปลูก:น้ำกลั่น อัตรา 1:10 วัดค่าด้วยเครื่อง pH meter

2. วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (Electron conductivity) ; EC อัตราวัสดุปลูก:น้ำกลั่น อัตรา 1:10 นำไปเขย่า 30 นาที จากนั้นนำไปใส่เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็ว 4,000-5,000 รอบต่อ 5 นาที นำน้ำใสที่ไปวัดค่าด้วยเครื่อง EC meter (ปฏิภาณ, 2564)

4. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Nitrogen) โดยวิธี Kjaldahl method (ปฏิภาณ, 2564) ไนโตรเจนทั้งหมดย่อยด้วย H_2SO_4 และตัวเร่ง ถูกเปลี่ยนเป็น $(NH_4)_2SO_4$ ใน H_2SO_4 กลั่นในสภาวะด่าง (NaOH) เปลี่ยนเป็นไอ NH_3 ซึ่งถูกจับด้วย boric acid (ammonium borate) จากนั้นไตเตรทด้วยกรด

5. วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II 20 มิลลิลิตร ต่อดิน 2.85 กรัม ทำให้เกิดสีโดย acid molybdate และ phosphomolybdate ซึ่งถูก reduce ด้วย ascorbic acid เป็น Mo สีน้ำเงิน ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่น 882 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer (ปฏิภาณ, 2564)

6. วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) โดยสกัดดินด้วยสาร Ammonium acetate 1 N pH 7 จำนวน 25 มิลลิลิตร ต่อดิน 5.xxxx กรัม วัดค่าด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ปฏิภาณ, 2564)

3.5 การย่อยตัวอย่างวัสดุปลูก

ใช้วิธีการย่อยพืชโดยวิธีย่อยแบบเปียก (Wet digestion) นำตัวอย่างวัสดุปลูก (อบ 70 ℃) 1.xxxx กรัม โดยการผสมกรด HNO_3 : $HClO_4$ อัตราส่วน 3:1 จำนวน 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปย่อยโดยใช้ hot plate ที่อุณหภูมิ 80 ℃ จนเกิดควันสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองฟางข้าว จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 120 ℃ 30 นาที, 240 ℃ 30 นาที และ 280 ℃ 60 นาที จนกระทั่งเห็นควันสีขาวแล้วนำมาปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำปราศจากไอออนชะตัวอย่างไม่ให้ตกค้างในเครื่องแก้ว และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 เพื่อหาปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ธาตุอาการรอง และธาตุอาหารเสริม

การย่อยตัวอย่างวัสดุปลูกสำหรับไนโตรเจน นำตัวอย่าง (อบ 70 ℃) 0.2xxx กรัม โดยการผสมกับสารย่อยผสม จำนวน 5 มิลลิลิตรในหลอดย่อย นำไปย่อยที่เครื่องย่อยในตู้ดูดควันค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิจาก 100 ℃, 250 ℃, และ 380 ℃ จนสารละลายมีสีใสหรือขาวขุ่นแล้วนำมาปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตรโดยใช้น้ำปราศจากไอออนชะตัวอย่างไม่ให้ตกค้างในเครื่องแก้ว และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 (ปฏิภาณ, 2564)

3.6 วิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุปลูก

1. วิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช (Total nitrogen) โดยวิธี Kjaldahl method

2. วิเคราะห์ฟอสฟอรัสในพืช (Total) โดยวิธี Yellow molybdovanadate phosphoric acid ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่น 430 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer

3. วิเคราะห์ปริมาณ Total K วัดค่าด้วยเครื่อง Flame spectrophotometer Ca, Mg และปริมาณธาตุอาหารเสริมทั้งหมด (Total trace element) วัดค่าด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

3.7 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก

ทำการเก็บตัวอย่างวัสดุปลูกก่อนและหลังปลูกมันฝรั่ง นำข้อมูลมาวิเคราะห์ ดังนี้

1. ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

จากสูตร (ปฏิภาณ, 2564)

$$\rho b = \frac{M}{V}$$

ρb = ความหนาแน่นรวม หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

M = มวลของวัสดุปลูก หาได้จากการนำวัสดุปลูกที่แห้งแล้วไปชั่ง หน่วยเป็นกรัม (g)

V= ปริมาตรรวมของวัสดุปลูก มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)

2. การอุ้มน้ำ (Water holding capacity)

จากสูตร (ปฏิภาณ, 2564)

$$\text{สมรรถภาพการอุ้มน้ำ } (\%) = \frac{(\text{น้ำหนักดินเปียก} - \text{น้ำหนักดินแห้ง} x)100}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}}$$

3. ความพรุน (Porosity)

จากสูตร (ปฏิภาณ, 2564)

$$\mathrm{E} = \left(1 - \frac{\rho \mathrm{b}}{\rho \mathrm{s}}\right) \mathrm{x}100$$

E = ความพรุนทั้งหมดของดิน (%)

ρb = ความหนาแน่นรวมของดิน (g/cm^3)

ρs = ความหนาแน่นอนุภาค (g/cm^3) โดยคำนวณจากสูตร

$$\rho \mathrm{s} = \frac{m2 - m1}{100 - (m3 - m2)}$$

m1 = น้ำหนักโวลุมเมตริกฟลาส (g)

m2 = น้ำหนักโวลุมเมตริกฟลาสเมื่อมีวัสดุปลูกบรรจุอยู่ (g)

m3 = น้ำหนักโวลุมเมตริกฟลาสเมื่อมีวัสดุปลูกและน้ำบรรจุอยู่จนถึงขีดบอกปริมตร 100 มิลลิลิตร (g)

3.8 การเก็บข้อมูล

1. การเก็บตัวอย่างวัสดุปลูก

เก็บตัวอย่างวัสดุปลูกในแต่ละตำรับทดลอง โดยเก็บทั้งหมด 9 กรรมวิธี 10 ซ้ำ นำมารวมกัน จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

2. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

2.1 เปอร์เซ็นการงอก โดยนับจำนวนต้นที่งอกในแต่ละตำรับหลังจากปลูกได้ 10 วัน

2.2 ทำการวัดความสูงโดยใช้สายวัดหลังจากปลูกได้ 15 วัน

2.3 สำรวจโรคและแมลงของการเจริญเติบโตในแต่ช่วงของต้นมันฝรั่ง

3. เก็บข้อมูลผลผลิต

3.1 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อไร่ โดยการนับจำนวนหัวมันฝรั่งในแต่ละตำรับการทดลอง โดยแบ่งเป็น จำนวนหัวทั้งหมด หัวที่ได้คุณภาพ และหัวที่ไม่ได้คุณภาพ (เป็นโรคหรือหัวเขียว)

3.2 น้ำหนักหัวเฉลี่ยต่อไร่ ชั่งน้ำหนักสดของหัวมันในแต่ตำรับการทดลอง

3.3 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

3.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของข้อมูลที่เก็บบันทึกด้วยโปรแกรม Sirichai Statistics 2014 (version 7.0) และเปรียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant difference (LSD)

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง เพื่อคัดเลือกวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งทั้งหมด 9 กรรมวิธี มีผลการวิจัย ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการก่อนและหลังปลูก

การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของวัสดุปลูกก่อนและหลังการทดลอง พบว่า ก่อนปลูกอยู่ที่ 6.35-7.70 และหลังปลูกอยู่ที่ 6.49-6.90 มีความเหมาะสมต่อการปลูกมันฝรั่ง ซึ่งระดับความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชอยู่ในช่วง 6.5-7.0 ด้านปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดในวัสดุปลูก ประกอบด้วย Total N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn พบว่า กรรมวิธีที่ 1 ขุยมะพร้าว เป็นวัสดุปลูกที่มีธาตุอาหารมากที่สุดก่อนและหลังการทดลอง คือ N = 1.06 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในระดับสูงมาก), P = 0.60 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในระดับปานกลาง), K = 0.91 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในระดับสูง), Ca =1.80 เปอร์เซ็นต์, Mg=3.92 เปอร์เซ็นต์, S=0.18 เปอร์เซ็นต์, Fe= 5,062 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, Mn = 219 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, Cu = 14.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, Zn = 46.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งโดยรวมธาตุอาหารอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก เนื่องจากขุยมะพร้าวมีความสามารถในการกักเก็บน้ำและธาตุอาหารมาก ดังตาราง 5

จีราภรณ์ (2563) กล่าวว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชควรอยู่ในช่วง 6-7 จากการทดลอง พบว่า แกลบดิบทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงเมื่อนำมาผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่น เนื่องจากแกลบดิบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงกรดอ่อน เมื่อผสมกับกับวัสดุปลูกชนิดอื่นทำให้วัสดุปลูกชนิดนั้นมีความเป็นกรด-ด่างลดลงตามไปด้วย ในทางกลับกันเมื่อนำแกลบดำผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่นจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับสุภาพร และประวิทย์ (2558) กล่าวว่า หากเติมแกลบดำในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากแกลบดำมีสภาพเป็นด่าง มีค่า pH 7.92 ประพาย และคณะ (2540) ได้ทดลองการใช้ดินผสมแกลบดำในอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง จาก 7.40 เป็น 7.50 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่สูงจากเดิม เนื่องจากแกลบดำเป็นวัสดุที่อุ้มน้ำได้สูง ลดการสูญเสียธาตุอาหารที่เคลื่อนย้ายไปกับน้ำได้ ข้อควรระวังหากเติมแกลบดำในอัตราส่วนที่มากเกินไป จะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศในบริเวณเขตรากพืชได้ (สุมิตรา, 2555)

ตาราง 5 สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุปลูกก่อนและหลังปลูกมันฝรั่ง

กรรมวิธี (ก่อนปลูก)	สมบัติทางเคมี										
	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn
		----------%----------						----------mg/Kg----------			
T1	7.40	0.662	0.071	0.659	0.997	3.217	0.075	4,056	169	10.1	39.0
T2	6.95	0.549	0.055	0.454	0.441	0.140	0.051	1,493	186	6.19	24.9
T3	7.50	0.731	0.196	0.480	0.911	2.936	0.296	2,878	139	6.26	29.9
T4	7.57	0.959	0.048	0.176	0.296	0.155	0.092	6,173	149	4.36	18.8
T5	6.99	0.085	0.009	0.135	0.038	0.108	0.014	5,977	127	4.27	12.8
T6	6.63	0.171	0.011	0.161	0.073	0.097	0.011	4,804	142	5.38	14.6
T7	7.31	0.087	0.009	0.131	0.057	0.107	0.006	5,190	130	4.00	14.9
T8	7.70	0.222	0.018	0.237	0.173	0.103	0.013	3,987	129	6.45	14.9
T9	6.35	0.348	0.041	0.259	0.125	0.030	0.033	60	149	14.1	14.5
กรรมวิธี (หลังปลูก)	สมบัติทางเคมี										
	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn
		----------%----------						---------- mg/Kg ----------			
T1	6.49	1.059	0.603	0.913	1.800	3.916	0.183	5,062	219	14.4	46.6
T2	6.54	0.349	0.111	0.422	0.572	1.507	0.050	1,636	70	4.43	9.90
T3	6.56	0.425	0.289	0.804	0.706	0.166	0.099	1,514	101	5.57	19.0
T4	6.90	0.154	0.062	0.221	0.124	0.093	0.019	4,186	89	2.79	12.5
T5	6.72	0.089	0.043	0.190	0.067	0.100	0.010	4,427	96	2.73	14.0
T6	6.75	0.135	0.064	0.207	0.123	0.076	0.014	2,530	69	1.29	8.54
T7	6.86	0.077	0.052	0.198	0.084	0.104	0.009	4,586	93	3.45	14.5
T8	6.54	0.171	0.055	0.200	0.148	0.093	0.040	2,896	170	1.80	8.57
T9	6.56	0.450	0.068	0.253	0.161	0.036	0.044	129	109	1.70	9.11

T1 = ขุยมะพร้าว, T2 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) , T3 = ขุยมะพร้าว+แกลบดำ (3:1) , T4 = ขุยมะพร้าว+ทรายหยาบ (1:1), T5 = ทรายหยาบ, T6 = ทรายหยาบ+แกลบดิบ (1:1), T7 = ทรายหยาบ+แกลบดำ (3:1), T8 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+ทรายหยาบ+แกลบดำ (1:1:1 :1), T9 = แกลบดิบ

4.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพก่อนและหลังปลูก

สมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก ตาราง 6 มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกมันฝรั่งในทุกกรรมวิธี ด้านความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกอยู่ระหว่าง 0.29-1.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ด้านการอุ้มน้ำของวัสดุปลูก พบว่า วัสดุปลูกมีเปอร์เซ็นต์การอุ้มน้ำที่สามารถใช้ในการปลูกพืช โดยเปอร์เซ็นต์การอุ้มน้ำของวัสดุปลูกในกรรมวิธีอยู่ระหว่าง 9.86-383 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งวัสดุปลูกที่เป็นขุยมะพร้าวหรือขุยมะพร้าวเป็นส่วนผสมจะมีการอุ้มน้ำมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากขุยมะพร้าวมีคุณสมบัติในอุ้มน้ำได้มาก และด้านความพรุน พบว่า วัสดุปลูกก่อนการทดลองมากกว่าหลังการทดลอง เนื่องจากวัสดุปลูกแต่ละชนิดมีการระบายน้ำและช่องว่างอากาศที่แตกต่าง

กัน เกิดจากการรดน้ำและให้ปุ๋ยทางน้ำทำให้ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความพรุนของวัสดุปลูกลดน้อยลง

ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.64-1.20 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หลังรดน้ำ ศศินิภา, 2562 การนำวัสดุต่าง ๆ มาเป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกควรคำนึงถึงการไม่อัดตัวแน่นเมื่อเปียกน้ำ จะส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีได้ วัสดุปลูกควรมีคุณสมบัติกักเก็บความชื้นได้ดีที่ 25-40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร สอดคล้องกับ สุมิตรา และอิศร์, 2561 กล่าวว่า วัสดุปลูกที่ดีควรมีอัตราส่วนของน้ำและอากาศประมาณ 50 ต่อ 50 ไม่มีการอัดตัวแน่นหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำ หากเมื่อใช้ไปในระยะเวลานาน รากพืชสามารถแพร่กระจายได้ทั่วทุกส่วนของวัสดุปลูก Jaenicke (1999) กล่าวว่า วัสดุปลูกที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชควรมีสัดส่วนของช่องว่างรวม 50 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร แบ่งเป็นช่องว่างอากาศและน้ำอย่างละ 25 เปอร์เซ็นต์ หากวัสดุปลูกมีช่องว่างอากาศต่ำเกินไป จะส่งผลให้พืชหยุดการสร้างรากใหม่ อภิสิทธิ์ และคณะ (2563) ได้ศึกษาวัสดุปลูกสำหรับการปลูกผักสลัด Red oak พบว่า (T4) ดิน+กาบมะพร้าว+ขุยมะพร้าว (6:2:2) เป็นวัสดุปลูกที่มีความพรุนไม่อัดตัวแน่นเมื่อเปียกน้ำ มีคุณสมบัติทางกายภาพดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกชนิดอื่น ซึ่งเป็นแนวทางในการนำวัสดุปลูกชนิดขุยมะพร้าวมาเป็นกรรมวิธีและผสมร่วมกับวัสดุปลูกชนิดอื่นด้วย

หากสังเกตุตำรับการทดลองที่มีทรายหยาบเป็นองค์ประกอบ (T4-8) จะมีความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อย และเมื่อนำมาผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่นจะทำให้มีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น การอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น และความพรุนลดลง แตกต่างจากแกลบดิบ (T9) มีความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกน้อย (0.29 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และเมื่อนำมาผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่นส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกลดลง การอุ้มน้ำ และความพรุนเพิ่มมากขึ้น

หากสังเกตุกรรมวิธีที่มีทรายหยาบเป็นองค์ประกอบ (T4-8) จะมีความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อย และเมื่อนำมาผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่นจะทำให้มีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น การอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น และความพรุนลดลง แตกต่างจากแกลบดิบ (T9) มีความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกน้อย (0.29 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และเมื่อนำมาผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่นส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกลดลง การอุ้มน้ำ และความพรุนเพิ่มมากขึ้น

ตาราง 6 สมบัติทางกายภาพบางประการของวัสดุปลูกก่อนและหลังปลูกมันฝรั่ง

กรรมวิธี	ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)		ความสามารถในการอุ้มน้ำ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)		ความพรุนรวม (%)	
	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
T1	0.18	0.75	342	383	86.1	55.9
T2	0.11	0.42	358	230	91.3	67.2
T3	0.20	0.69	387	340	86.7	61.7
T4	0.90	1.12	79.2	56.8	61.1	53.8
T5	1.18	1.68	28.1	25.1	51.6	33.7
T6	0.58	1.27	72.4	79.4	75.1	45.5
T7	1.00	1.49	38.1	29.7	60.7	40.0
T8	0.50	1.29	93.4	108	77.6	44.2
T9	0.08	0.29	7.10	9.86	92.6	78.3

T1 = ขุยมะพร้าว, T2 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) , T3 = ขุยมะพร้าว+แกลบดำ (3:1) , T4 = ขุยมะพร้าว+ทรายหยาบ (1:1), T5 = ทรายหยาบ, T6 = ทรายหยาบ+แกลบดิบ (1:1), T7 = ทรายหยาบ+แกลบดำ (3:1), T8 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+ทรายหยาบ+แกลบดำ (1:1:1 :1), T9 = แกลบดิบ

4.3 การเจริญเติบโต

ข้อมูลด้านเจริญเติบโตของมันฝรั่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การงอกของหัวมันฝรั่งต่อกระถางต่อหัวพันธุ์หลังปลูกมันฝรั่ง 10 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีใช้เวลาในการงอกประมาณหนึ่งสัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การงอก 100 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการเพาะปลูกและขยายผลผลิตมันฝรั่งได้ ยกเว้นแกลบดิบ (T9) มีเปอร์เซ็นต์การงอก 35 เปอร์เซ็นต์ ไม่เหมาะสมต่อการปลูกมันฝรั่ง และใช้เวลาในการงอกนานกว่ากรรมวิธีอื่น โดยใช้เวลา 15 วัน ด้านจำนวนต้นของมันฝรั่งอยู่ระหว่าง 1.40-6.00 ต้น ทุกกรรมวิธีที่มีจำนวนต้นต่อถุงปลูกมากที่สุด คือ ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) (T2) 6.00 ต้น และแกลบดิบ (T9) มีจำนวนต้นน้อยที่สุด 1.40 ต้น การวัดความสูงต้นมันฝรั่ง พบว่า ความสูงเฉลี่ยของมันฝรั่งอยู่ระหว่าง 27.4-42.0 เซนติเมตร โดยทุกกรรมวิธีที่มีความสูงมากที่สุด คือ ขุยมะพร้าว(T1) 42.0 เซนติเมตร และแกลบดิบ (T9) มีความสูงน้อยที่สุด 27.4 เซนติเมตร ดังตารางที่ 7

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพ ตาราง 6 พบว่า แกลบดิบ (T9) มีผลต่อการงอกของมันฝรั่ง เนื่องจาก แกลบดิบมีความหนาแน่นน้อย การอุ้มน้ำต่ำ และมีความพรุนสูง ทำให้มีช่องว่างของวัสดุปลูกมากเกินไป จึงไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้เพื่อรักษาความชื้นให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับการงอกของหัวพันธุ์ได้ ซึ่งแกลบดิบสามารถใช้เป็นวัสดุปลูกได้ ข้อดี คือน้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้ ราคาถูก ส่วนข้อเสียมีการระบายน้ำดีเกินไป มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้และเกิดการอัดตัวแน่น (ชลิตา และขนิษฐา, 2561) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ภาณีพรรณ (1998) ได้ศึกษา พบว่าวัสดุปลูก ทรายหยาบ+ขุยมะพร้าว+แกลบดำ+อิฐมอญทุบก้อนเล็ก (3:2:1:2) มีผลทำให้ต้นโป๊ยเซียนพันธุ์แดงอุดมมีความยาวยอด พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้นมีค่าสูงและมีจำนวนรากมากที่สุด เจนจิรา และคณะ (2559) ศึกษาผลของการงอกของเมล็ดมัลเบอร์รี่พันธุ์ เวียดนาม GQ2 ในวัสดุปลูกที่แตกต่างกันทั้ง 7 ชนิด พบว่า วัสดุปลูกมีผลต่อการงอกของเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเพาะเมล็ดในวัสดุ แกลบดำ+ทรายหยาบ+ขุยมะพร้าว (1:1:1) มีการงอกสูงที่สุด คือ 93.33% เนื่องมาจากแกลบดำมีสมบัติอุ้มน้ำได้ดีรวมถึงมีการระบายน้ำได้ดีด้วย ทรายหยาบมีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดีเช่นกัน และขุยมะพร้าวมีอนุภาคขนาดใหญ่ ทำให้วัสดุปลูกมีความโปร่งและมีช่องว่างมากกว่าวัสดุปลูกชนิดอื่น แต่ในขณะเดียวกันก็อุ้มน้ำได้ดี วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของถ่านแกลบและขุยมะพร้าวผสมอยู่จะสามารถดูดซับธาตุอาหารไว้ได้ดี จากการศึกษาของ ศรีสุนันท์ และเยาวภา (2545) พบว่า คะน้าที่ปลูกในวัสดุปลูกที่เป็นทรายหยาบผสมแกลบเผาและทรายหยาบผสมขุยมะพร้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีที่สุด

หากสังเกตผลการทดลองด้านการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง (ดังตารางที่ 7) พบว่า แกลบดิบ (T9) เพียงชนิดเดียวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง แต่เมื่อนำแกลบดิบมาผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่น จะทำให้ต้นมันฝรั่งมีการเจริญเติบโตดีขึ้น เนื่องจากแกลบดิบเป็นวัสดุที่มีความพรุนสูง ไม่สามารถกักเก็บน้ำและธาตุอาหารไว้ให้พืชได้ แต่เมื่อนำคุณสมบัตินี้มาผสมกับวัสดุปลูกต่างชนิด เช่น ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) (T2) จะให้จำนวนต้นมันฝรั่งมากที่สุดเท่ากับ 6.00 ต้น ในขณะที่ขุยมะพร้าวชนิดเดียว (T1) ให้จำนวนต้นมันฝรั่ง 3.50 ต้น แต่แกลบดิบเพียงชนิดเดียว (T9) ให้จำนวนต้นมันฝรั่ง 1.40 ต้นเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำวัสดุสองชนิดนี้มาผสมกันกลับทำให้ต้นมันฝรั่งมีการเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ เรวัตร และคณะ (2548) มีการศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมะเขือเทศเชอรี่โดยไม่ใช้ดิน พบว่า การผสมวัสดุปลูกชนิดแกลบกับวัสดุชนิดอื่น คือ ขุยมะพร้าว:ทรายหยาบ:แกลบดิบ (1:1:1) ทำให้ต้นมะเขือเทศเชอรี่มีความสูงมากที่สุด

ตาราง 7 การงอก จำนวนต้น และความสูงของมันฝรั่ง

กรรมวิธี	การงอก (%)	จำนวนต้นต่อหัวพันธุ์	ความสูง (ซม.)
T1	100^{a}	3.50^{c}	42.0^{a}
T2	100^{a}	6.00^{a}	38.7^{abc}
T3	100^{a}	4.30^{bc}	35.3^{c}
T4	100^{a}	3.60^{bc}	40.9^{a}
T5	100^{a}	3.50^{c}	38.2^{abc}
T6	100^{a}	3.40^{c}	38.7^{ab}
T7	100^{a}	3.70^{bc}	36.5^{bc}
T8	100^{a}	4.70^{b}	38.5^{ab}
T9	35^{b}	1.40^{d}	27.4^{d}
LSD	*	*	*
C.V. (%)	18.1	31.8	11.0

T1 = ขุยมะพร้าว, T2 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) , T3 = ขุยมะพร้าว+แกลบดำ (3:1) , T4 = ขุยมะพร้าว+ทรายหยาบ (1:1), T5 = ทรายหยาบ, T6 = ทรายหยาบ+แกลบดิบ (1:1), T7 = ทรายหยาบ+แกลบดำ (3:1), T8 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+ทรายหยาบ+แกลบดำ (1:1:1 :1), T9 = แกลบดิบ

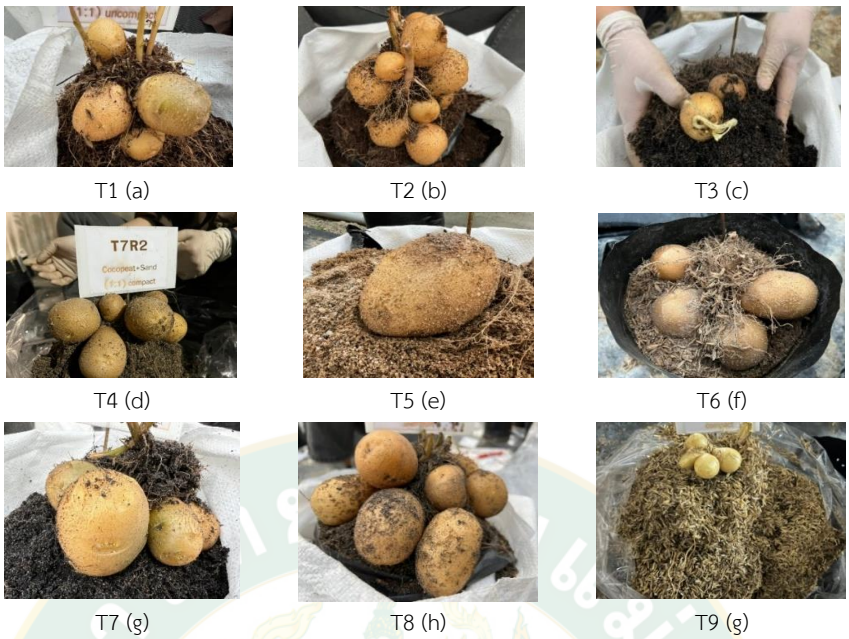
4.4 ผลผลิต

การเก็บข้อมูลผลผลิตของมันฝรั่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ประกอบด้วยจำนวนหัวสดที่ได้คุณภาพ และน้ำหนักหัว ซึ่งชั่งน้ำหนักสดของหัวมันฝรั่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-8 เซนติเมตร ในแต่ละกรรมวิธี พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนหัวมันฝรั่งต่อหนึ่งหัวพันธุ์ เท่ากับ 1.00-16.30 หัว กรรมวิธีที่มีจำนวนหัวมากที่สุด คือ ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) (T2) 16.3 หัว และกรรมวิธีที่มีจำนวนหัวมันฝรั่งน้อยที่สุด คือ แกลบดิบ (T9) 1.00 หัว ด้านน้ำหนักหัวต่อหนึ่งหัวพันธุ์ พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักหัวมันฝรั่ง เท่ากับ 12.7-371 กรัม ซึ่งขุยมะพร้าว (T1) มีน้ำหนักหัวมากที่สุด 371 กรัม และแกลบดิบ (T9) มีน้ำหนักหัวน้อยที่สุด คือ 12.7 กรัม จากการทดลอง พบว่า แกลบดิบ (T9) ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง ทำให้มีปริมาณผลผลิตที่ได้ที่น้อยที่สุด ดังตาราง 8

หากพิจารณาวัสดุปลูกประเภทขุยมะพร้าวชนิดเดียวหรือขุยมะพร้าวผสมกับวัสดุปลูกชนิดอื่นสามารถทำให้เกิดจำนวนหัวและน้ำหนักหัวของมันฝรั่งมากกว่าตำรับอื่น เนื่องจากขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกที่มีความหนาแน่นเพียงพอให้ต้นพืชสามารถทรงตัวอยู่ได้ มีความร่วนซุย ถ่ายเทอากาศและระบายน้ำได้ดี เหมาะสำหรับการปลูกพืช (สุมิตรา และอิศร์, 2561) ขุยมะพร้าว (coconut coir)

จึงเป็นวัสดุปลูกที่นิยมนำมาผสมปลูกพืช เนื่องจากมีราคาถูก หาได้ง่ายในท้องถิ่น น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำไปใช้ ขุยมะพร้าวมีความสามารถในการดูดซับและกักเก็บน้ำได้ดีเมื่อมีการให้น้ำ และเมื่อให้น้ำในแต่ละวันจะเห็นว่าขุยมะพร้าวมีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ให้ต้นพืชใช้ได้ มีรายงานการใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก เช่น ธีระพงษ์ (2548) กล่าวว่า วัสดุผสมจากขุยมะพร้าวเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการปลูกแคนตาลูปมากกว่าวัสดุปลูกที่มาจากเปลือกมะพร้าวสับเพียงอย่างเดียว

วัสดุปลูกส่วนมากในแต่ละกรรมวิธีขนาดของหัวอยู่ที่ 2-4 เซนติเมตร ซึ่งสามารถผลิตหัวมันฝรั่งได้มากแตกต่างจากวัสดุปลูกชนิดทราย (T4) (ภาพที่ 4e) และทรายผสมแกลบดำ (T7) (ภาพที่ 4g) จะทำให้ขนาดของหัวมันฝรั่งใหญ่กว่ากรรมวิธีอื่น ขนาดของหัวมันฝรั่งเฉลี่ยอยู่ที่ 5-7 เซนติเมตร ทำให้มีจำนวนหัวเฉลี่ย 5.1-5.40 หัวต่อถุงปลูก ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อ 95% จะเห็นได้ว่าด้านการเจริญเติบโต (ตาราง 7) วัสดุปลูกชนิดทรายสามารถทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก จำนวนต้น และความสูงของมันฝรั่งอยู่ในระดับเหมาะสมต่อการเพาะปลูกได้ แต่เมื่อปลูกในระยะเวลานานขึ้น กลับพบว่าทรายมีผลทำให้หัวมันฝรั่งลดลง เนื่องจากเมื่อมีการรดน้ำและให้ปุ๋ยตลอดฤดูกาลปลูกทำให้ทรายเกิดการอัดแน่นมากขึ้น ส่งผลให้มีความหนาแน่นรวมมากขึ้น ความพรุนลดลง รากหรือไหลของมันฝรั่งไม่สามารถใช้ช่องว่างอากาศเพื่อหายใจ ทำให้การเกิดหัวน้อยลงและมีขนาดใหญ่กว่ากรรมวิธีอื่น เกิดการสร้างอาหารได้น้อยลง และกักเก็บความชื้นมากเกินไปทำให้หัวมันฝรั่งเกิดการเน่าเสียได้ สอดคล้องกับ เจนจิรา และคณะ (2559) พบว่าวัสดุปลูกที่มีส่วนของ ถ่านแกลบ+ทรายหยาบ+ขุยมะพร้าว (1:1:1) มีความชื้นที่มากเกินไป เกิดการอัดตัวแน่นขึ้น มีการระบายน้ำและระบายอากาศได้น้อย จึงมีผลทำให้ต้นกล้ามัลเบอร์รี่พันธุ์เวียดนาม GQ2 บริเวณโคนต้นเกิดอาการเน่าและตายในที่สุด



T1 (a) T2 (b) T3 (c)

T4 (d) T5 (e) T6 (f)

T7 (g) T8 (h) T9 (g)

ภาพ 4 การฟอร์มหัวมันฝรั่ง

ตาราง 8 จำนวนหัวสด และน้ำหนักหัวสดของมันฝรั่ง

กรรมวิธี	จำนวนหัวสดต่อหัวพันธุ์ (หัว/ถุงปลูก)	น้ำหนักหัวสดต่อหัวพันธุ์ (กรัม)
T1. CC	12.3^{b}	371^{a}
T2. CC + RH (1:1)	16.3^{a}	235^{bc}
T3. CC + HC (3:1)	11.2^{b}	257^{bc}
T4. CC + S (1:1)	7.80^{c}	293^{ab}
T5. S	5.40^{c}	184^{c}
T6. S + RH (1:1)	7.00^{c}	278^{b}
T7. S + HC (3:1)	5.10^{c}	185^{c}
T8. CC + RH + S + HC (1:1:1:1)	10.6^{b}	277^{b}
T9. RH	1.00^{d}	12.7^{d}
LSD	*	*
C.V. (%)	33.6	38.9

T1 = ขุยมะพร้าว, T2 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) , T3 = ขุยมะพร้าว+แกลบดำ (3:1) , T4 = ขุยมะพร้าว+ทรายหยาบ (1:1), T5 = ทรายหยาบ, T6 = ทรายหยาบ+แกลบดิบ (1:1), T7 = ทรายหยาบ+แกลบดำ (3:1), T8 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+ทรายหยาบ+แกลบดำ (1:1:1 :1), T9 = แกลบดิบ

4.5 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการศึกษาการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง เพื่อคัดเลือกวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งทั้งหมด 9 กรรมวิธี พบว่า ขนาดของหัวพันธุ์ที่นำมาใช้เพาะปลูกมันฝรั่งต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-8 เซนติเมตร เมื่อนำผลผลิตด้านจำนวนหัวของมันฝรั่งที่สามารถนำมาใช้เป็นหัวพันธุ์ได้นั้น พบว่า ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) (T2) มีจำนวนหัวมันฝรั่งมากที่สุด เท่ากับ 16.3 หัวต่อถุงปลูก โดยทั่วไปการปลูกมันฝรั่ง 1 ไร่ จะใช้หัวพันธุ์มันฝรั่ง 11,000 หัว ซึ่งหมายถึงจะใช้ถุงปลูก 11,000 ถุงเช่นกัน โดยราคาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 1 หัว จะมีต้นทุนการผลิตที่ 6 บาทต่อหัว (กรมวิชาการเกษตร, 2565) ถุงปลูกราคาถุงละ 1 บาท ปุ๋ยราคา 4,581 บาท ค่าแรงงาน 50,000 บาท ต้นทุนจะต่างกันที่ราคาวัสดุปลูก หากนำมาปลูก 1 ไร่ จะใช้หัวพันธุ์และถุงปลูก 11,000 หัว/ถุง มีราคาการนำเข้าหัวพันธุ์ประมาณ 66,000 บาท ดังนั้น เมื่อนำมาคำนวณเป็นจำนวนหัวต่อไร่ พบว่า ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) (T2) จะให้จำนวนหัวมันฝรั่งมากที่สุดอยู่ที่ 179,300 หัวต่อไร่ และเมื่อนำมาคำนวณผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Radio) หรือ BCR ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง จึงจะมีความคุ้มทุน พบว่า มันฝรั่งที่ปลูกในวัสดุปลูกชนิดขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) ให้ผลตอบแทนมากที่สุด คือ 6.38 เท่า ทำให้มีรายได้สุทธิมากที่สุด ดังตาราง 9

ตาราง 9 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของหัวมันฝรั่ง

กรรมวิธี	จำนวนหัวสด (1)	มูลค่าหัวพันธุ์ (2)	หัวพันธุ์นำเข้า (3)	ถุงปลูก (4)	มูลค่าปุ๋ย (5)	มูลค่าวัสดุปลูก (6)	แรงงาน (3 เดือน) (7)	ต้นทุน (3+4+5+6+7) =(8)	กำไร (2-8) =(9)	ต้นทุนต่อผลตอบแทน (9/8)
	(11,000 หัว/ไร่)	6บาท/หัว	----------บาทต่อไร่----------							เท่า
T1. CC	135,300	811,800	66,000	11,000	4,581	8,983	50,000	140,564	671,236	4.78
T2. CC + RH (1:1)	179,300	1,075,800	66,000	11,000	4,581	14,263	50,000	145,844	929,956	6.38
T3. CC + HC (3:1)	123,200	739,200	66,000	11,000	4,581	18,883	50,000	150,464	588,736	3.91
T4. CC + S = (1:1)	85,800	514,800	66,000	11,000	4,581	10,817	50,000	142,398	372,402	2.62
T5. S	59,400	356,400	66,000	11,000	4,581	3,667	50,000	135,248	221,152	1.64
T6. S + RH (1:1)	77,000	462,000	66,000	11,000	4,581	7,113	50,000	138,694	323,306	2.33
T7. S + HC (3:1)	56,100	336,600	66,000	11,000	4,581	10,817	50,000	142,398	194,202	1.36
T8. CC + RH + S + HC (1:1:1:1)	116,600	699,600	66,000	11,000	4,581	8,278	50,000	139,859	559,741	4.00
T9. RH	11,000	66,000	66,000	11,000	4,581	10,560	50,000	142,141	-76,141	-0.54

T1 = ขุยมะพร้าว, T2 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) , T3 = ขุยมะพร้าว+แกลบดำ (3:1) , T4 = ขุยมะพร้าว+ทรายหยาบ (1:1), T5 = ทรายหยาบ, T6 = ทรายหยาบ+แกลบดิบ (1:1), T7 = ทรายหยาบ+แกลบดำ (3:1), T8 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+ทรายหยาบ+แกลบดำ (1:1:1 :1), T9 = แกลบดิบ

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง เพื่อคัดเลือกวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งทั้งหมด 9 กรรมวิธี สรุปผลการศึกษาและมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

1. วัสดุปลูกทุกตำรับการทดลองสามารถนำมาผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งได้ ยกเว้นการใช้แกลบดิบโดยไม่ผสมกับวัสดุปลูกอื่น ๆ ไม่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกมันฝรั่งได้

2. สมบัติด้านเคมีและกายภาพของวัสดุปลูกทุกชนิดเหมาะสมต่อการปลูกมันฝรั่ง โดยวัสดุปลูกที่เป็นชนิดขุยมะพร้าวหรือมีขุยมะพร้าวผสมมีความเหมาะสมต่อการปลูกมันฝรั่งมากที่สุด

3. วัสดุปลูกที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งมากที่สุด คือ ขุยมะพร้าวผสมแกลบดิบ อัตราส่วนต่อปริมาตร 1:1 รองลงมาคือ ขุยมะพร้าว ให้ผลในด้านการเจริญเติบโต และจำนวนหัวพันธุ์ของมันฝรั่งมากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาวัสดุปลูกชนิดอื่นนอกเหนือจากงานวิจัย เนื่องจากมีวัสดุปลูกที่สามารถหาได้ในครัวเรือน เช่น ฟางข้าว ขี้เลื่อย หรือวัสดุชนิดที่เป็นอนินทรีย์ในธรรมชาติ เพื่อนำมาศึกษาวิจัยและเพิ่มตัวเลือกในการปลูกพืชได้ แต่การนำไปใช้ต้องคำนึงถึงความสะอาด ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปนสามารถทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้

2. ควรมีการเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตเพิ่มเติมจากงานวิจัย เช่น จำนวนใบ ความกว้างของใบ ขนาดของหัวพันธุ์ เพื่อใช้ในการประเมินความเหมาะสมของวัสดุปลูกต่อการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง

3. การศึกษาในครั้งนี้เป็นการทดลองในโรงเรือนพลาสติกกันแมลง ซึ่งมีหน่วยทดลอง 90 หน่วย ควรมีการเพิ่มพื้นที่การทดลองให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือทำการทดลองปลูกเป็นไร่ เพื่อให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจภาพรวมของงานวิจัยขนาดใหญ่ได้

4. ควรมีการต่อยอดงานวิจัย เพื่อพัฒนาวัสดุปลูกให้มีประสิทธิภาพในการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งมากที่สุดในครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. **การปลูกมันฝรั่ง**. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง. สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. 25-31 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา. 2542. พืชเศรษฐกิจ. **พันธุ์มันฝรั่ง**. ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 108-109 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา. 2542. พืชเศรษฐกิจ. **พฤกษศาสตร์ของมันฝรั่ง**. ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 105-108.

จีราภรณ์ อินทสาร. 2563. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน Soil Fertility**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สาขาปฐพีศาสตร์,คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 321 หน้า.

จุไรรัตน์ ฝอยถาวร. 2551. **อิทธิพลของอัตราปุ๋ยแมกนีเซียมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก**. สำนักงานบัณฑิตศึกษา, สาขาวิชาปฐพีศาสตร์, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 96 หน้า.

เจนจิรา ชุมภูคำ, สิริกาญจนา ตาแก้ว และณัฐพงศ์ จันจุฬา. 2559. **ผลของวัสดุปลูกต่อการงอกของเมล็ดการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามัลเบอร์รี่พันธุ์เวียดนามGQ2**. ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตบางเขนแขวงลาดยาว, กรุงเทพมหานคร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, จังหวัดปทุมธานี. 13 หน้า.

ชลิตา ฤทธิ์เต็ม และขนิษฐา เขม้นเขตรวิทย์. 2561. **การเปรียบเทียบวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเมล่อนพันธุ์กรีนเน็ต ในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน**. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตพืช). คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีมหาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 79 หน้า.

ชานนท์ ลาภจิตร และวิไลลักษณ์ ชินะจิตร. 2551. **การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตต้นกล้ามะเขือเทศเพื่อการผลิตในโรงเรือน:ผลของวัสดุเพาะกล้า และขนาดภาพเพาะที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ชมพู่ โทวรรณา, ชานนท์ ลาภจิตร, และสุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2551. **ผลของวัสดุเพาะกล้าที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ.** วารสารวิทยาศาสตร์ การเกษตรมหาวิทยาลัยนเรศวร. 39(3). สืบค้นจากwww.agi.nu.ac.th/proceeding/Oral/3.CO สาขาพืชผัก/CO_281_284.pdf.

ชัยภูมิ สุขสำราญ. 2563. **ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโต และศักยภาพการผลิตผักลิ้นห่านในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต**. แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 3: 509-514 563)./doi:10.14456/kaj.2020.46.

โชคชัย ไชยมงคล. 2535. **การศึกษาปุ๋ยและวิจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันฝรั่ง**. วารสารวิจัยและส่งเสริมการเกษตร 8(2): 32-39 หน้า.

ธนรักษ์ เมฆขยาย. **การบริหารจัดการความเสี่ยงในการผลิตมันฝรั่งในพื้นที่อำเภอสันทรายจังหวัดเชียงใหม่**. คณะเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 15 หน้า.

ธีระพงษ์ ริ้วกีระกิตติกุล. 2548. **ผลของวัสดุปลูกจากเปลือกมะพร้าวที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแคนตาลูป**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.. 22 หน้า.

เนตรชนก เกียรติ์นนทพัทธ์ และชวนพิศ อรุณรังสิกุล. (2555). **วัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการเกิดรากของต้นกล้าฟักข้าว**. วิทยาศาสตร์เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 43(2)(พิเศษ), 305-308.

ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร. 2564. **บทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (Soil and Plant Analysis)**. สาขาปฐพีศาสตร์. คณะผลิตกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 88 หน้า.

ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร, สมชาย องค์ประเสริฐ, นงลักษณ์ ปูระณะพงษ์ และ วราภรณ์ ภูมิ์พิพัฒน์. 2553. **การจัดการธาตุอาหารในระบบการปลูกพืชในนาข้าวที่มีมันฝรั่งเป็นพืชหลัก**. สาขาปฐพีศาสตร์. คณะผลิตกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 123 หน้า.

ประพาย แก่นนาค. สุขสันต์ สายวา. และบัณฑิต โพธิ์น้อย. 2540. **อิทธิพลของวัสดุเพาะและวัสดุกลบต่อการงอกของเมล็ดไม้ตาเสือ**. ส่วนวนวัฒนาวิจัย, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 8 หน้า.

ปรียาภรณ์ แนมใส. 2546. **ศึกษาอิทธิพลของวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

พนม เกิดแสง. 2557. **การปลูกมันฝรั่งและการแปรรูป**. ฝ่ายพัฒนาสื่อการส่งเสริม. สำนักส่งเสริมฝึกอบรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 15 หน้า.

พิศมัย จูฑะมงคล. 2535. **ผลของเครื่องปลูก ชนิด อัตราและวิธีการให้ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกว่าในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

พัชรินทร์ โพธิ์ทอง. 2540. **ผลของวัสดุปลูกและออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของคะน้า**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

พรนภา เผยศิริ, สุภาพร ป้องปา และภาษิตา ทุ่นศิริ. 2562. **ผลของวัสดุปลูกต่อผลผลิตของแรดิช (Raphanus sativus).** การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 1.“วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อชุมชน” 20 เมษายน 2562 ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. 6 หน้า.

ภาณีพรรณ ทั่งพิทยกุล. 2541. **ผลของวัสดุปลูก 5 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของโป๊ยเซียนพันธุ์แดงอุดม**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 23 หน้า.

มุกดา สุขสวัสดิ์ และ สุวารี สายจีน. 2548. **การศึกษาระยะเวลาการแช่เมล็ดและอัตราส่วนวัสดุเพาะเพื่อผลิตผักโตเหมี่ยว**. รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. พิษณุโลก. สืบค้นจากwww.lib.ku.ac.th/KUCONF/KC4301065.pdf.

มัณฑนา นาคเสน. 2536. **ผลผลิตและคุณสมบัติสำหรับการแปรรูปมันฝรั่ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 114 หน้า.

เรวัตร จินดาเจี่ย. อรุณศิริ กำลัง. จันทร์จรัส วีรสาร และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2548**. ศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมะเขือเทศเชอรี่โดยไม่ใชดิน**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีแหงประเทศไทย,กรุงเทพมหานคร. ภาควิชาปฐพีวิทยาและภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 11 หน้า.

ลักษมณ ปีตานนท์ชัย. 2550. **ผลของวัสดุเพาะกล้าและปุ๋ยเคมีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ**. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

วรากร ดีน้อย. 2559. **ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมคอส**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 68 หน้า.

วิทยา สุริยาภณานนท์. 2523. **อาหารและเครื่องปลูกของพืชสวน**. เอกสารประกอบการสอนภาควิชาพืชสวน. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศศินิภา องอาจ. 2562. **ผลของวัสดุปลูกและพันธุ์แตงเทศต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต**. วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน, ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 92 หน้า.

ศิริพร พงศ์ศุภสมิทธิ์. 2542. **เอกสารคำสอนการผลิตมันฝรั่งและหัวพันธุ์มันฝรั่ง**.เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 115 หน้า.

ศิริวรรณ แดงภักดี. 2547. **การเปรียบเทียบการจัดการการผลิตมันฝรั่งระหว่างวิธีการดั้งเดิมกับวิธีการใหม่**. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่. 2560. การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งคุณภาพ. สถาบันวิจัยพืชสวน, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 73 หน้า.

ศรีสุนันท์ กิจภักดีกุล และเยาวพา จิระเกียรติกุล. 2545. **ผลของวัสดุปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาไทย) ปีที่ 10 : ฉบับที่ 2 ก.ค.-ธ.ค. 45. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี. 7 หน้า.

ธรรมธวัช แสงงาม, ใยไหม ช่วยหนู, ศิริสุดา บุตรเพชร, อาณัติ เฮงเจริญ และธงชัย มาลา. 2564. **ผลของวัสดุปลูกที่มีต่อการสะสมธาตุอาหารในใบ ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของแตงเทศ 4 พันธุ์ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, ปีที่ 8, ฉบับที่ 2 6 กรกฎาคม-ธันวาคม): 88-96, 2564.

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก และ ชัยวัฒน์ เคารพ. 2546. **ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของแตงเทศในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 11(2). 62-70.

ศุภชัย อำคา. 2544. **การศึกษาวัสดุปลูกและอัตราการให้ปุ๋ยต่อการผลิตยอดผักอนามัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่. 2560. **การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง**. สถาบันวิจัยพืชสวน. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 73 หน้า.

สนอง จรินทร, วิวัฒน์ ภาณุอาไพ, อรทัย วงค์เมธา, อนุภพ เผือกผ่อง, ชัยกฤต พรมมา, จารุฉัตร เขนยทิพย์, วราภรณ์ อุดมดี, สมคิด รัตนบุรี, กิตติชัย แซ่ย่าง และมานพ หาญเทวี. 2551. **โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันฝรั่ง**. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่. กรมวิชาการเกษตร. 49 หน้า.

สามารถ ใจเตี้ย. 2562. **การพัฒนาวัสดุปลูกพืชจากวัสดุเหลือใช้ในชุมชนที่เหมาะสมสำหรับระบบเกษตรปลอดภัย**. ศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อมชุมชน, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. 46 หน้า.

สุพัตรา ดลโสภณ. 2544. **แมลงศัตรูมันฝรั่ง**. หน้า 25-38. ใน :คู่มือโรคและแมลงศัตรูมันฝรั่ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร.

สุภาพร บัวชุม และประวิทย์ โตวัฒนะ. 2553. **การทำปุ๋ยหมักและวัสดุปลูกจากวัชพืชน้ำและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช**. สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรเกษตรเขตร้อน,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 12 หน้า.

สุมิตรา จันไทย. 2555. **ผลของความถี่ของการให้น้ำ ปุ๋ยทางระบบน้ำและวัสดุปรับปรุงดินต่อการผลิตมะเขือเทศ (Lycopersicon esculuentum Mill.) ในระบบน้ำหยด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 84 หน้า.

สุมิตรา สุปินราช และ อิศร์ สุปินราช. 2561. **ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมกระถาง**. สาขาพืชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ลำปาง. 6 หน้า.

สมเกียรติ ขำเอี่ยม. 2542. **การจัดการหน้าดินและการใช้ปุ๋ยกับมันฝรั่ง**. วารสาร กสิกร 72 (5): 491-500 หน้า.

สมชาย องค์ประเสริฐ. 2545. **เอกสารอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกมันฝรั่ง**. วันที่ 22 กันยายน 2545 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัย แม่โจ้. 3 น. (เอกสารอัดสำเนา).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2564**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร. 237 หน้า.

เหนียวคำ คำมีนาที. 2555. **ผลของวัสดุปลูกอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศสีดา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

อภิสิทธิ์ ชิตวณิช. ปราโมทย์ พรสุริยา และธนาวัฒน์ เยมอ. 2563. **วัสดปลูกสำหรับกกรปลูกผักสลัด Red oak**. วารสารแก่นเกษตร 48 ฉบับพิเศษ 1: (2563). คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, ชลบุรี. 8 หน้า.

อารักษ์ ธีรอำพล. 2548. **การทดสอบระบบการปลูก สูตรสารละลายธาตุอาหาร ภาชนะปลูกและวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดิน**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

อรทัย วงค์เมธา. 2557. **ยกร่างแผนยุทธศาสตร์งานวิจัยและพัฒนามันฝรั่ง ปี พ.ศ. 2559-2563**. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 17 หน้า.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 253 หน้า.

Anon, DI and Stout, PR 1939: **The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper**. Physiology Plant. 144, 371-375.

Haluschak, P. C., Mc. Kenzie and K. Panchuk. 2006. **Commercial Potato production-Field Selection, Soil Management and Fertility**. [online]. (17 September 2020)

Hawkes,J. G. 1992. History of the potato. pp. 1-14. In P.M. Harris (ed.). **The Potato Crop**. London: Chapman and Hall Ltd.

Iritani, W. M. and R. E. Thornton. 1984. **Potato Influencing Seed Tuber Behavior**. Washington Oregon Idaho: A Pacific Northwest Extension Publication. 15 p.

Jaenicke, H., 1999. **Good Tree Nursery**. Practical Guidelines for Research Nurseries, International Centre for Research in Agroforestry, Nairob. 93 p.

Lemage, B. 1987. **The influence of main stem munber and soil temperate on some growth and yield parameters of potato**. Potato Respiration. 30:141-142.

Milthorpe, F. L. 1963. Some Aspects of Plant Growth.. In J. D. Invins And F. L. Milthorpe (eds.). **The Growth of the Potato**. London. Butterworths. pp. 3 - 16

Ortiz, R. , and Z. Huaman. 1994. **Inheritance of Morphological and Tuber Characteristics**. pp. 263-279. In Bradshaw J. E. and G. R. Mackay (ed.). Potato Genetic. Wallingford: Cab International.

Robert B. D. and L. L. Stephen. 2008. **Potato growth and development**. (online). http://www.ag.uidaho. Edu. (23 September 2021)

Van Heemst, H. D. J. 1986. Physiological principled. In H. van Keulen ang J. Wolf (eds.). **Modeling of Agricultural Production : Weather, Soil and crops. Wageningen : Pudoc**. pp 13-24.

Van Hoogen, J. J. 1989. **Netherlands Catalogue of Potato Varieties 1989**. Wageningen: The Hugue-Rivro.

Vogt, G. 1985. **Commercial Potato Production. Idaho: Food Division, Raw Procurement Dept.**, J. R. Simplot Co. 84 p.

Wawan Sutari, Sumadi, Anne Nuraini and Jajang Sauman Hamdani. 2018. **Research Article Growing Media Compositions and Watering Intervals on Seed Production of Potatoes G2 Grown at Medium Altitude.** Asian journal of crop science. Department of Agronomy. Faculty of Agriculture. University of Padjadjaran. 9 p.

Walworth, J. L., and J. E. Muniz. 1993. **A compendium of tissue nutrient concentration for fieldgrown potatoes**. American Potato Journal. 70: pp 579-589.

Wendy Mutsa Chiota, Prince Mabiza, Paul Chaibva and Tsvakai Gama. 2015. **Evaluating the effects of non-soil media on emergence and growth of potato (*Solunum tuberosum* L.)**. Department of Horticulture. Midlands State University. 8 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ความชื้น อุณหภูมิ และการวัดค่าการดูดกลืนแสงของมันฝรั่ง

ตารางผนวก 1 ความชื้นและอุณหภูมิของวัสดุปลูก

กรรมวิธี	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)
T1. CC	47.4	24.7
T2. CC + RH (1:1)	76.1	24.6
T3. CC + HC (3:1)	61.9	20.1
T4. CC + S = (1:1)	85.8	24.0
T5. S	51.6	24.1
T6. S + RH (1:1)	93.8	23.9
T7. S + HC (3:1)	52.0	24.6
T8. CC + RH + S + HC	52.9	24.0
(1:1:1:1)	13.2	24.7
T9. RH		

T1 = ขุยมะพร้าว, T2 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) , T3 = ขุยมะพร้าว+แกลบดำ (3:1) , T4 = ขุยมะพร้าว+ทรายหยาบ (1:1), T5 = ทรายหยาบ, T6 = ทรายหยาบ+แกลบดิบ (1:1), T7 = ทรายหยาบ+แกลบดำ (3:1), T8 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+ทรายหยาบ+แกลบดำ (1:1:1 :1), T9 = แกลบดิบ

ตารางผนวก 2 การประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ของมันฝรั่ง โดยอาศัยหลักการทำงานของเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD) หน่วยเป็น unit

กรรมวิธี	21/01/65	05/02/65		13/02/65	
	ใบบน	ใบบน	ใบล่าง	ใบบน	ใบล่าง
T1. CC	42.7	41.4	35.2	41.5	37.1
T2. CC + RH (1:1)	45.9	42.3	35.3	44.0	36.6
T3. CC + HC (3:1)	43.1	41.8	39.3	42.8	42.5
T4. CC + S = (1:1)	47.6	40.9	37.9	44.1	37.9
T5. S	49.1	46.5	38.2	46.4	44.8
T6. S + RH (1:1)	50.7	45.9	39.0	46.3	42.2
T7. S + HC (3:1)	48.9	43.6	39.8	45.3	46.7
T8. CC + RH + S + HC (1:1:1:1)	47.7	44.5	38.1	42.0	40.2
T9. RH	51.1	46.7	46.0	51.7	47.5

T1 = ขุยมะพร้าว, T2 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ (1:1) , T3 = ขุยมะพร้าว+แกลบดำ (3:1) , T4 = ขุยมะพร้าว+ทรายหยาบ (1:1), T5 = ทรายหยาบ, T6 = ทรายหยาบ+แกลบดิบ (1:1), T7 = ทรายหยาบ+แกลบดำ (3:1), T8 = ขุยมะพร้าว+แกลบดิบ+ทรายหย
แกลบดำ (1:1:1 :1), T9 = แกลบดิบ

ภาคผนวก ข

การแปรผลธาตุอาหาร การจัดการปุ๋ย และต้นทุนราคาปุ๋ยที่ใช้

ตารางผนวก 3 การประเมินระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน

ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH)
กรดรุนแรงมากที่สุด	<3.5
กรดรุนแรงมาก	3.5-4.4
กรดจัดมาก	4.5-5.0
กรดจัด	5.1-5.5
กรดปานกลาง	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	6.1-6.5
เป็นกลาง	6.6-7.3
ด่างอ่อน	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	7.9-8.4
ด่างจัด	8.5-9.0
ด่างจัดมาก	>9.0

United states Department of Agriculture, 2011

ตารางผนวก 4 ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในมันฝรั่ง

ธาตุอาหาร	ใบ (ระยะก่อนออกดอก)		ใบ (ระยะเจริญเติบโตเต็มที่)	ก้านใบ (ระยะก่อนออกดอก)		หัว (ระยะสุกแก่)
	เหมาะสม	เป็นพิษ		เหมาะสม	เป็นพิษ	
N (%)	3.5-4.5	>6.5	3.0-4.0	>1.5	-	1.2-1.8
P (%)	0.25-0.6	>1.25	0.2-0.4	0.3-0.5	-	0.20-0.24
K (%)	3.5-5.0	>6.5	4.0-8.0	5.1-7.0	-	1.9-2.1
Ca (%)	0.6-2.0	-	1.0-2.5	0.6-2.5	-	>0.057
Mg (%)	0.3-0.6	-	0.3-0.6	0.5-0.8	-	0.11-0.13
S (%)	0.2-0.5	-	0.2-0.5	0.2-0.5	-	0.11-0.17
B (ppm)	25-50	>55	25-50	15-39	-	-
Fe (ppm)	40-200	>500	40-150	70-250	-	-
Mn (ppm)	40-200	>400	25-200	20-200	-	
Cu (ppm)	5-20	>50	5-20	6-30	-	
Zn (ppm)	25-60	>150	25-50	20-70	>150	

Walworth and Muniz, 1993

ตารางผนวก 5 การประเมินสมบัติดินทางเคมีเพื่อเทียบกับวัสดุปลูก

ธาตุอาหาร	หน่วย	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
OC	%	<2	2-4	4-10	10-20	>20
OM	%	<0.5	0.5-1.5	1.5-2.5	2.5-4.5	>4.5
N	%	<0.02	0.02-0.08	0.08-0.12	0.12-0.18	>0.18
C:N ratio	%	<10	10-12	12-16	16-24	>24
Avail.P	mg/kg	<3	3-10	10-15	15-45	>45
K	mg/kg	<30	30-60	60-90	90-120	>120
Ca	mg/kg	400	400-1,000	1,000-2,000	2,000-4,000	>4,000
Mg	mg/kg	<36	36-120	120-360	360-960	>960
Na	mg/kg	<23	23-69	69-161	161-460	>460
CEC	meg/100g	<10	10-15	15-25	25-40	>40
Zn	mg/kg	-	<2.5	2.5-4.5	>4.5	-
Mn	mg/kg	-	<1.0	1.0-2.5	>2.5	-
Cu	mg/kg	-	<0.3	0.3-1.0	>1.0	-
Zn	mg/kg	-	<0.5	0.5-1.0	>1.0	-

United states Department of Agriculture, 2011

ตารางผนวก 6 การจัดการปุ๋ยตามแผนการทดลองและต้นทุนราคาปุ๋ยที่ใช้

ชื่อปุ๋ย	calcium nitrate	potassium nitrate	monopotassium phosphate	potassium sulfate	magnesium sulfate	monoammonium phosphate
ชื่อทางเคมีของปุ๋ย	$Ca(NO_3)_2$	KNO_3	KH_2PO_4	K_2SO_4	$MgSO_4$	$(NH_4)H_2PO_4$
สูตรปุ๋ย	15-0-0+25CaO	13-0-46	0-52-34	0-0-50	-	12-61-0
Rooting stage (mg)	573	722	352	272	297	164
Vegetative stage (mg)	614	1,155	1323	401	149	399
Tuber initiative stage (mg)	409	289	220	89	300	-
Maintenance stage (mg)	409	103	220	-	198	-
Boosting stage (mg)	409	361	-	-	248	-
1 ต้น (mg)	2,414	2,630	2,115	762	1,192	563
1 ต้น (g)	2.41	2.63	2.12	0.76	1.19	0.56
11,000 ต้น หรือ 1 ไร่ (g)	26,510	28,930	23,320	8,360	13,090	6,160
11,000 ต้น หรือ 1 ไร่ (kg)	26.5	28.9	23.3	8.36	13.09	6.16
ราคาปุ๋ย (บาท/25 kg)	740	980	1,690	1,530	650	950
ราคาปุ๋ย 1 ไร่	784	1,133	1,575	511	340	234
รวมราคาปุ๋ย (บาท/ไร่)			4,577			

ภาคผนวก ค

ภาพการทดลอง

ภาพผนวก 1 การใช้น้ำแช่ขุยมะพร้าว

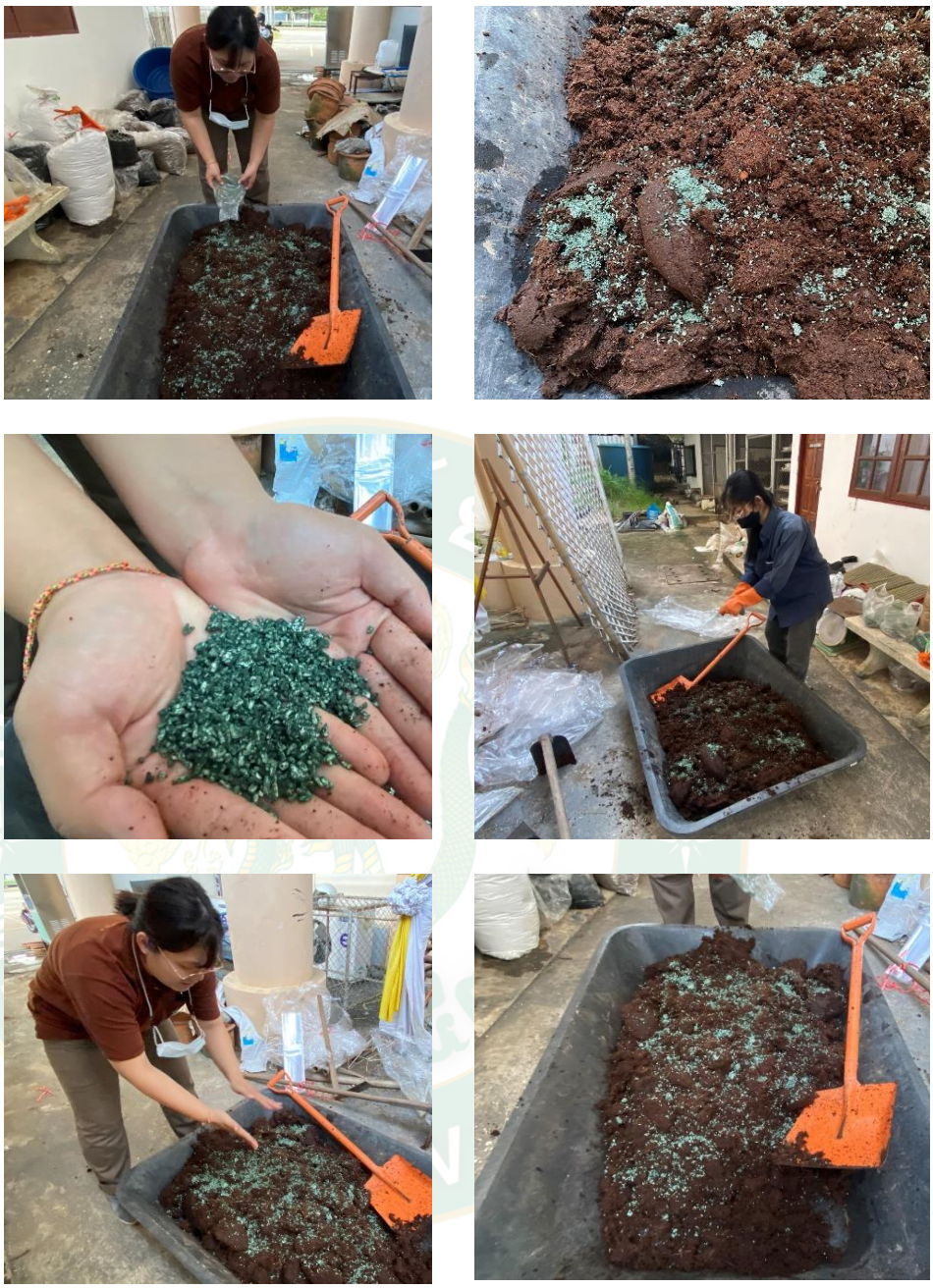
ภาพผนวก 2 การนึ่งฆ่าเชื้อวัสดุปลูก

ภาพผนวก 3 ลักษณะหัวพันธุ์มันฝรั่งพร้อมปลูก

ภาพผนวก 4 การล้างทำความสะอาดและผึ่งหัวพันธุ์มันฝรั่ง

ภาพผนวก 5 การผสมวัสดุปลูกตามกรรมวิธีการทดลอง

ภาพผนวก 5 การผสมวัสดุปลูกตามกรรมวิธีการทดลอง (ต่อ)



ภาพผนวก 6 การผสมไตรโครเดอมาเพื่อช่วยป้องกันเชื้อโรคในวัสดุปลูก

ภาพผนวก 7 การใส่ปุ๋ยรองพื้นและวางหัวพันธุ์ระหว่างถุงปลูก

ภาพผนวก 8 การวางระยะแถวของถุงปลูก

ภาพผนวก 9 การเจริญเติบโตของมันฝรั่งในช่วงแรก

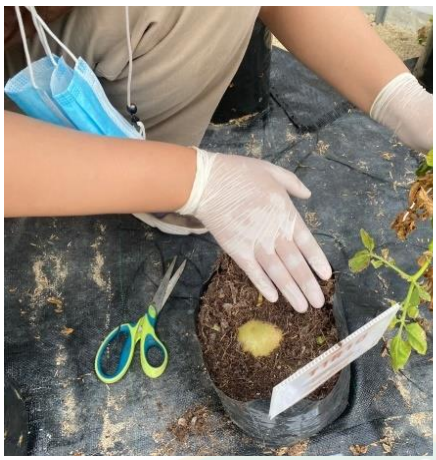
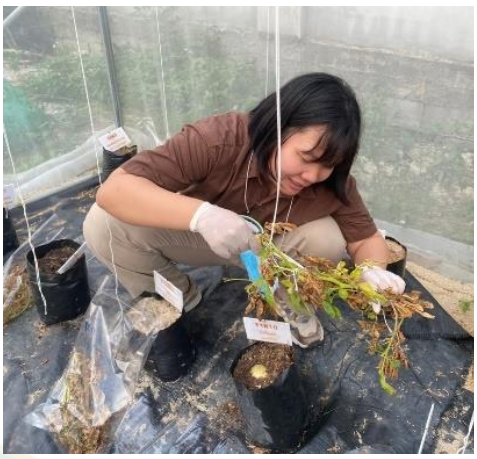
ภาพผนวก 10 เครื่องวัดความมชื้นและอุณหภูมิภายในถุงปลูก

ภาพผนวก 11 การมัดเถามันฝรั่งเพื่อสะดวกต่อการให้ปุ๋ยและให้น้ำ

ภาพผนวก 12 ลักษณะดอกของมันฝรั่ง

ภาพผนวก 13 เริ่มมีโรคเหี่ยวมากขึ้น

ภาพผนวก 14 ลักษณะหัวเน่าเป็นโรค

ภาพผนวก 15 การตัดต้นมันฝรั่งก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต

ภาพผนวก 16 การเก็บผลด้านการเจริญเติบโต

ภาพผนวก 17 การเก็บเกี่ยวผลผลิต

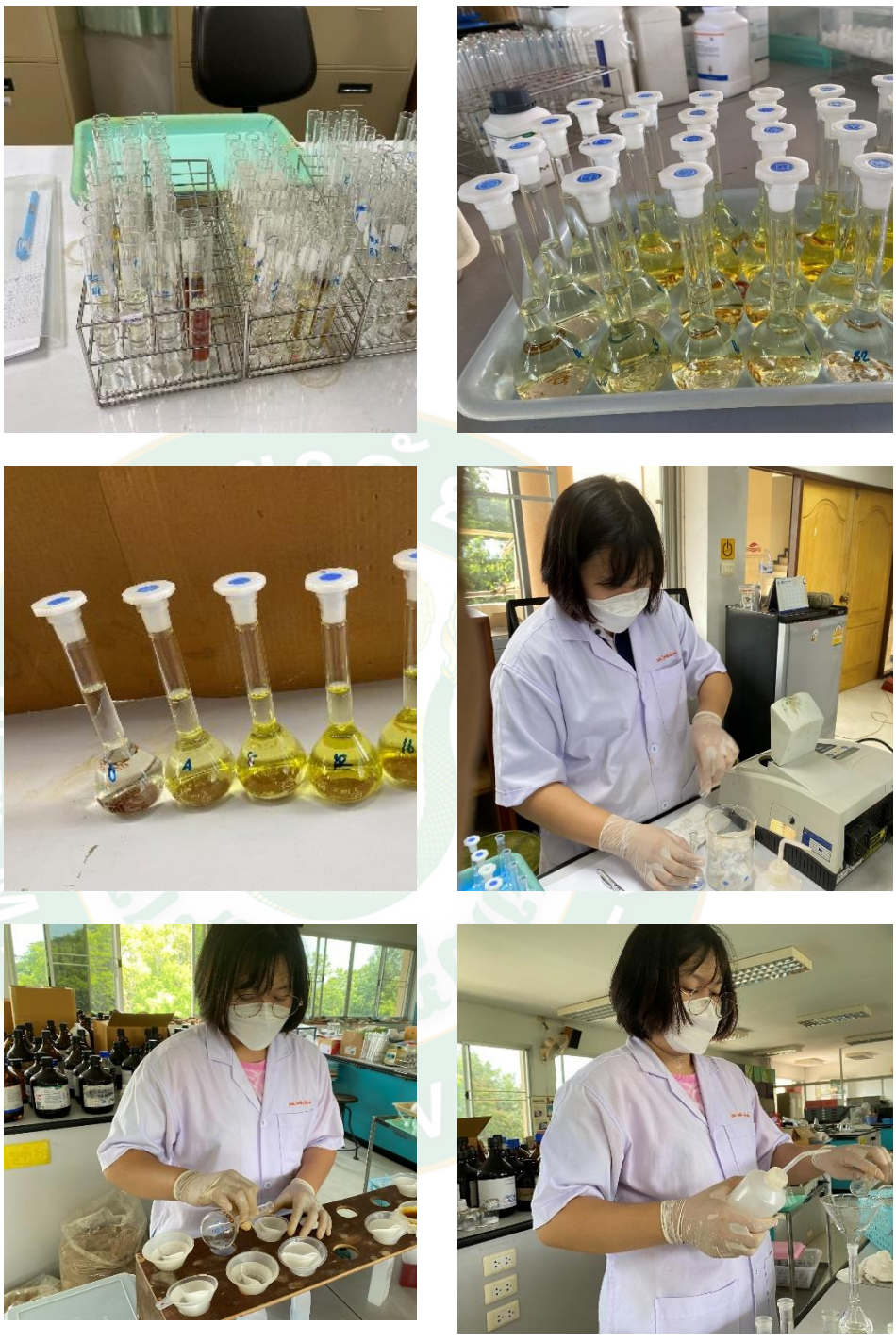
ภาพผนวก 18 ลักษณะการเกิดหัวของมันฝรั่ง

ภาพผนวก 19 การวัดขนาดและชั่งน้ำหนักมันฝรั่ง

ภาพผนวก 20 การผ่าหัวมันฝรั่งเพื่อดูเนื้อด้านในและดูโรค

ภาพผนวก 21 การทดลองทางกายภาพและเคมีของวัสดุปลูก

ภาพผนวก 21 การทดลองทางกายภาพและเคมีของวัสดุปลูก (ต่อ)



ภาพผนวก 21 การทดลองทางกายภาพและเคมีของวัสดุปลูก (ต่อ)

ภาพผนวก 21 การทดลองทางกายภาพและเคมีของวัสดุปลูก (ต่อ)

ภาพผนวก 21 การทดลองทางกายภาพและเคมีของวัสดุปลูก (ต่อ)

ภาพผนวก 21 การทดลองทางกายภาพและเคมีของวัสดุปลูก (ต่อ)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวสุกัญญา ศรีบัวขาว
เกิดเมื่อ	28 กันยายน 2540
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนคำแสนวิทยาสรรค์ จังหวัดหนองบัวลำภู พ.ศ. 2562 ปริญญาตรี สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่