การพัฒนาวัสดุดินผสมเชิงพาณิชย์สำหรับการผลิตกะเพรา

โดย

เสาวคลธ์ บุญแก่น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2567

Ref. code: 25676609034514RAK

DEVELOPMENT OF COMMERCIAL GROWING MEDIA FOR HOLY BASIL PRODUCTION

BY

SAOWAKOL BOONKAEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE (ORGANIC FARMING MANAGEMENT)
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2024

Ref. code: 25676609034514RAK

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

เสาวคลธ์ บุญแก่น

เรื่อง

การพัฒนาวัสดุดินผสมเชิงพาณิชย์สำหรับการผลิตกะเพรา

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)

เมื่อ วันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2568

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ร่มแก้ว)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พฤกษ์ ชุติมานุกูล)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเพชร จิรขจรกุล)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาวัสดุดินผสมเชิงพาณิชย์สำหรับการผลิตกะเพรา
ชื่อผู้เขียน	เสาวคลธ์ บุญแก่น
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พฤกษ์ ชุติมานุกูล
ปีการศึกษา	2567

บทคัดย่อ

กะเพรา (*Ocimum tenuiflorum*) ถือเป็นพืชผักสมุนไพรที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลายในประเทศไทย แต่พบว่าการเพาะปลูกกะเพราในปัจจุบันที่ผลิตในพื้นที่กลางแจ้งเกิดปัญหาการแพร่ระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช และเป็นเหตุให้จำเป็นต้องใช้สารเคมีปราบศัตรูพืชที่อาจส่งผลต่อการตกค้างของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นการปลูกกะเพราในโรงเรือนจึงถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาความเสียหายที่เกิดจากการระบาดของศัตรูพืชได้ ทั้งนี้การจัดการวัสดุปลูกหรือวัสดุดินผสมถือเป็นเรื่องที่สำคัญและส่งผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของกะเพราโดยตรง ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้วัสดุดินผสมทางการค้าตามท้องตลาด แต่วัสดุดินผสมเหล่านี้มักใช้ในพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้น ขณะที่กะเพราเป็นไม้ล้มลุกมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ยาวนาน ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุดินผสมที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตสำหรับการผลิตกะเพรา โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ 6 วัสดุดินผสม ได้แก่ T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ

Ref. code: 25676609034514RAK

ก่อนปลูกของวัสดุดินผสม พบว่า วัสดุดินผสม T2 และ T6 มีความหนาแน่นมากที่สุด เท่ากับ 0.81 และ 1.22 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่วัสดุดินผสม T4 มีความพรุนมากที่สุด คือเท่ากับ 70.98 เปอร์เซ็นต์ และสำหรับสมบัติทางเคมีของวัสดุดินผสมก่อนปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T3 T4 และ T5 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุด ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.78-0.89 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่วัสดุดินผสม T3 มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด (0.30 เปอร์เซ็นต์) และวัสดุดินผสม T1 มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุด (9.01 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุดินผสมอื่น ๆ

ในด้านการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต พบว่า วัสดุดินผสม T5 ทำให้กะเพราที่อายุ 180 วัน มีความสูงต้นมากที่สุด (47.24 เซนติเมตร) และพบว่าวัสดุดินผสม T5 และ T6 ทำให้กะเพรามีความกว้างพุ่มมากที่สุด เท่ากับ 47.86 และ 47.40 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า วัสดุดินผสม T3 และ T5 ทำให้กะเพรามีจำนวนกิ่งมากที่สุด เท่ากับ 42.40 และ 42.20 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ อย่างไรก็ตามวัสดุดินผสม T3 ทำให้กะเพรามีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินมากสุดอย่างมีนัยสำคัญ คือมีค่าเท่ากับ 67.49 และ 8.20 กรัมต่อต้น โดยทำให้ได้น้ำหนักสดผลผลิตรวมทั้งหมดเท่ากับ 303.30 กรัมต่อต้น ในด้านคุณภาพผลผลิต พบว่า วัสดุดินผสม T3 และ T6 ทำให้กะเพราที่อายุ 180 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 1.10 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด อย่างไรก็ตามหากพิจารณาที่ปริมาณผลผลิตและรายได้สุทธิ (รายได้จากการขายผลผลิต – ต้นทุนการจัดการวัสดุดินผสม) จะเห็นได้ว่า วัสดุดินผสม T3 ที่ประกอบด้วย หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ: มูลไก่เก่า อัตราส่วน 3:2:1.5:1.5:2 โดยปริมาณ ทำให้กะเพรามีน้ำหนักสดผลผลิตรวมตลอดอายุ 180 วัน ดีที่สุด และได้รายได้สุทธิสูงที่สุด อีกทั้งยังคงทำให้ได้คุณภาพผลผลิตในด้านปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด จึงถือเป็นวัสดุดินผสมที่สามารถนำไปเผยแพร่ให้กับเกษตรกรที่ต้องการปลูกกะเพราที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวนานและไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยในทุกรอบการเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: วัสดุดินผสม, กะเพรา, มูลสัตว์, การเจริญเติบโต, ผลผลิตทั้งหมด

Ref. code: 25676609034514RAK

Thesis Title	DEVELOPMENT OF COMMERCIAL GROWING MEDIA FOR HOLY BASIL PRODUCTION
Author	Saowakol Boonkaen
Degree	Master of Science (Organic Farming Management)
Department /Faculty/University	Agricultural Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Ornprapa Thepsilvisut, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Preuk Chutimanukul, Ph.D.
Academic Year	2024

ABSTRACT

Holy basil (*Ocimum tenuiflorum*) is a widely consumed herb in Thailand. However, it was discovered that the existing outdoor basil production has issues with insect and disease propagation, necessitating the usage of chemical pesticides that could leave behind hazardous chemical residues for customers. Consequently, one substitute that can indeed mitigate pest damage is to cultivate the holy basil in a greenhouse. However, selecting the appropriate growing media or soil-mixed media, which has a directly affect on yield and yield quality, are crucial for successful holy basil production under the greenhouse condition. Currently, farmers prefer to use commercial soil mixtures available in the market. However, these soil mixtures are usually used in plants with a short harvest period, while holy basil is an herbaceous plant with a long harvest period. Therefore, this experiment aimed to study the effects of different soil-mixed media on the growth and yield quality of holy basil production. The experiment was arranged in a completely randomized design (CRD) with five replications. Six treatments consisted of T1: Commercial soil mixed-media (Control), T2: Topsoil (T): composted leaves (CL): filter cake (FC): mature chicken manure (MM): coconut coir dust (CD): rice husk ash (RHA) at a ratio of 3:1:2:2:1:1 v/v, T3: T: FC: MM: CD: RHA at a ratio of 3:2:2:1.5:1.5 v/v, T4: T: FC: immature chicken manure (IM): CD:

Ref. code: 25676609034514RAK

RHA at a ratio of 3:2:2:1.5:1.5 v/v, T5: T: FC: MM: IM: CD: RHA at a ratio of 3:2:1:1:1.5:1.5 v/v, T6: soil with 800 kg/rai and 30 kg/rai of 15-15-15 chemical fertilizer formula as represented the conventional farmer practice. From the study of the physical properties of the soil-mixed media before planting, it was found that soil-mixed media T2 and T6 had the highest density, with average of 0.81 and 1.22 kg/m^3, respectively, while soil-mixed media T4 had the highest porosity, with average of 70.98%. For the chemical properties, it was found that soil-mixed media T3, T4 and T5 had the highest total nitrogen concentration, with values in the range of 0.78-0.89%. While soil-mixed media T3 contained the highest total phosphorus (0.30%) and soil-mixed media T1 contained the highest total potassium (9.01%) compared to the other soil-mixed media.

In terms of growth and yield, it was found that soil-mixed media T5 gave the highest plant height (47.24 cm) of 180-day-old holy basil, and soil-mixed media T5 and T6 gave the highest plant width, with averages of 47.86 and 47.40 cm, respectively. Moreover, it was also found that soil-mixed media T3 and T5 produced the highest number of branches, which were 42.40 and 42.20 branches/plant, respectively. However, the soil-mixed media T3 significantly gave the highest fresh and dry weight of the holy basil aboveground, which were 67.49 and 8.20 g/plant, respectively, resulting in a total fresh weight yield of 303.30 g/plant. In addition, it was found that soil-mixed media T3 and T6 produced the highest total chlorophyll content in 180-day-old holy basil, equal to 1.10 μg/g FW. However, when considering the yield and net income (income from selling the products – cost of managing the soil-mixed media), it can be seen that the soil-mixed media T3, consisting of Topsoil (T): composted leaves (CL): filter cake (FC): mature chicken manure (MM): coconut coir dust (CD): rice husk ash (RHA) at a ratio of 3:2:2:1.5:1.5 v/v, gave the best fresh weight, total yield throughout the 180-day period, and the highest net income compared to the other soil-mixed media. This soil-mixed medium also maintains the highest quality of the product in terms of total chlorophyll content. It is therefore regarded as an appropriated soil-mixed medium that can be distributed to farmers who wish to

Ref. code: 25676609034514RAK

cultivate holy basil with a lengthy harvest time and do not require fertilizer at each harvest cycle.

Keywords: growing media, holy basil, manure, growth, total yield

Ref. code: 25676609034514RAK

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จและสมบูรณ์ได้เนื่องจากได้รับคำชี้แนะ และการให้คำปรึกษาจากกรรมการวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่คอยแนะนำ แก้ไขขอบกพร่องต่าง ๆ และชี้แนะให้คำปรึกษาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ร่มแก้ว ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พฤกษ์ ชุติมานุกูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนนักศึกษาบันฑิตศึกษาเพื่อนำเสนอผลงานวิทยานิพนธ์ในต่างประเทศประจำปีงบประมาณ 2568 และทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 (ตามสัญญาเลขที่ ทบ 35/2566) อีกทั้งขอบคุณนางสาวพนาวัล อิ่มอรชร นักศึกษาปริญญาโทชั้นปีที่ 2 ผู้ร่วมวิจัย พี่ๆ เพื่อนๆ ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือและสนับสนุน ทั้งในการทำงานและการศึกษา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ค่อยสนับสนุนกำลังทรัพย์และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

เสาวคลธ์ บุญแก่น

Ref. code: 25676609034514RAK

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญตาราง	(13)
สารบัญภาพ	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 สมมุติฐาน	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กะเพรา	4
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	4
2.1.1.1 ลำต้นกะเพรา	4
2.1.1.2 ใบ	4
2.1.1.3 ช่อดอก	4
2.1.1.4 เมล็ด	5
2.1.1.5 ราก	5

Ref. code: 25676609034514RAK

2.1.2 จำแนกประเภทของกะเพรา 5
2.1.2.1 กะเพราแดง (red holy basil) 5
2.1.2.2 กะเพราขาว (white holy basil) 5
2.1.2.4 กะเพราลูกผสมระหว่างกะเพราแดงและกะเพราขาว 5
2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการ 6
2.1.4 การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว 6
2.1.4.1 การปลูก 6
(1) การเตรียมเพาะกล้า 6
(2) การเตรียมดิน 6
(3) การย้ายปลูกต้นกล้า 6
2.1.4.2 การดูแลรักษา 7
(1) การให้น้ำ 7
(2) การให้ปุ๋ย 7
(3) การกำจัดวัชพืช 7
(4) การป้องกันกำจัดโรคและแมลง 7
2.1.4.3 การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว 7
(1) ฤดูการเก็บเกี่ยว 7
(2) วิธีการเก็บเกี่ยว 7
(3) การแปรรูปหลังเก็บเกี่ยว 7
2.1.5 โรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ 7
2.1.5.1 โรคพืชที่สำคัญในการผลิตกะเพรา 7
(1) โรคราน้ำค้าง 7
(2) โรคเหี่ยว 8
2.1.5.2 แมลงศัตรูพืชที่สำคัญในการผลิตกะเพรา 8
(1) เพลี้ยไฟ 8
(2) แมลงหวีขาวยาสูบ 8
(3) หนอนแมลงวันชอนใบ 8
(4) เพลี้ยอ่อน 8
(5) หนอนเจาะสมอฝ้าย 8
(6) หนอนกระทู้ผัก 9
(7) หนอนกระทู้หอม 9

Ref. code: 25676609034514RAK

2.2 โรงเรือน (greenhouse) 9
2.3 วัสดุดินผสม (growing media) 10
2.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตวัสดุดินผสม 11
2.3.1.1 ดิน 11
2.3.1.2 ขุยมะพร้าว 11
2.3.1.3 แกลบดำ 12
2.3.1.4 ใบก้ามปูหมัก 12
2.3.1.5 กากตะกอนอ้อย 13
2.3.1.6 ปุ๋ยอินทรีย์ 13
(1) ปุ๋ยหมัก (compost) 13
(2) ปุ๋ยพืชสด (green manure) 13
(3) ปุ๋ยคอก (animal manure) 14
2.4 ธาตุอาหาร 15
2.4.1 ไนโตรเจน (nitrogen; N) 16
2.4.2 ฟอสฟอรัส (phosphorus; P) 16
2.4.3 โพแทสเซียม (potassium; K) 17
2.5 สารทุติยภูมิ (secondary metabolites) 17
2.5.1 คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) 17
2.5.2 แคโรทีนอยด์ (carotenoids) 18
2.5.3 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) 19
2.5.4 ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) 20
2.5.5 แอนโทไซยานิน (anthocyanin) 21
2.5.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) 21
2.5.6.1 Hydrogen peroxide scavenging activity 22
2.5.6.2 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 22
2.5.6.3 ABTS (2,2’-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) 23
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

Ref. code: 25676609034514RAK

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 27

3.1 แผนการทดลอง 27
3.2 การปลูกและการดูแลรักษา 27
3.2.1 การเตรียมมูลไก่ 27
3.2.2 การเตรียมวัสดุดินผสม 27
3.2.3 การเตรียมสภาพแวดล้อมโรงเรือน 28
3.2.4 การเตรียมต้นกล้าและการปลูก 28
3.2.5 การดูแลรักษา 28
3.3 การบันทึกผล 28
3.3.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุดินผสม 28
3.3.1.1 ความหนาแน่นรวม 28
3.3.1.2 ความพรุน 29
3.3.2 สมบัติทางเคมีของวัสดุดินผสม 29
3.3.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 29
3.3.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ 29
3.3.2.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุดินผสม 30
3.3.2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในวัสดุดินผสม 30
3.3.2.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในวัสดุดินผสม 31
3.3.3 การเจริญเติบโตของกะเพราและปริมาณของผลผลิต 32
3.3.3.1 การเจริญเติบโต 32
3.3.3.2 ปริมาณผลผลิต 32
3.3.4 คุณภาพผลผลิต 32
3.3.4.1 ค่าความเขียวใบ (SPAD) 32
3.3.4.2 การวิเคราะห์รงควัตถุ 32
3.3.4.3 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ 33
(1) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 33
(2) การวิเคราะห์ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 34
(3) การวิเคราะห์แอนโทไซยานินทั้งหมด 34
(4) การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 34

Ref. code: 25676609034514RAK

3.3.4.3 ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช 35
(1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) 35
(2) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) 35
(3) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K) 36
3.4 ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ 37
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจ 37
3.6 สถานที่ทำการทดลอง 37
3.7 ระยะเวลาในการทดลอง 37

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 38

4.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุดินผสมก่อนปลูก 38
4.2 สมบัติทางเคมีของวัสดุดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูก 39
4.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter; OM) และ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 39
4.2.2 ปริมาณธาตุอาหาร 41
4.3 การเจริญเติบโตและปริมาณของผลผลิต 43
4.3.1 การเจริญเติบโต 43
4.3.1.1 ความสูงลำต้น 43
4.3.1.2 ความกว้างพุ่ม 43
4.3.1.3 จำนวนกิ่ง 46
4.3.1.4 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 46
4.3.1.5 ความกว้างใบ 49
4.3.1.6 ความยาวใบ 49
4.3.1.7 พื้นที่ใบ 52
4.3.1.9 ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากต้นกะเพรา 54
4.3.2 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตของกะเพรา 55
4.4 คุณภาพผลผลิต 58
4.4.1 ค่าความเขียวของใบ (SPAD) 58

Ref. code: 25676609034514RAK

4.4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวมและแคโรทีนอยด์ 58
4.4.3 ปริมาณสารสำคัญ 61
4.4.4 ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช 63
4.4.4.1 ปริมาณไนโตรเจน (N) 63
4.4.4.2 ปริมาณฟอสฟอรัส (P) 63
4.4.4.3 ปริมาณโพแทสเซียม (K) 63
4.5 ความเป็นไปได้ทางเศษฐกิจ 66

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 72

5.1 สรุปผลการวิจัย 72
5.2 ข้อเสนอแนะ 72

รายการอ้างอิง 73

ประวัติผู้เขียน 83

Ref. code: 25676609034514RAK

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณธาตุอาหารในมูลสัตว์ 4 ชนิด	15
4.1	ความหนาแน่นและความพรุนรวม ของวัสดุดินผสมแต่ละชนิด	38
4.2	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ และ C/N ratio ก่อนและหลังปลูกของวัสดุดินผสมแต่ละชนิด	40
4.3	ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด ก่อนและหลังของวัสดุดินผสมแต่ละชนิด	42
4.4	การเจริญเติบโตด้านความสูงต้น ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน หลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน	44
4.5	การเจริญเติบโตด้านความกว้างพุ่ม ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน หลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน	45
4.6	การเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่ง ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน	47
4.7	การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน	48
4.8	การเจริญเติบโตด้านความกว้างใบ ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน หลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน	50
4.9	การเจริญเติบโตด้านความยาวใบ ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน หลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน	51
4.10	การเจริญเติบโตด้านพื้นที่ใบ ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน	53
4.11	ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากกะเพราจากวัสดุดินผสมแต่ละชนิด	54
4.12	น้ำหนักสดผลผลิตของกะเพราที่ปลูกในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน	56
4.13	น้ำหนักแห้งผลผลิตของกะเพราที่ปลูกในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน	57
4.14	ปริมาณค่าความเขียว คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในใบกะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมแต่ละชนิด	59

Ref. code: 25676609034514RAK

4.15 ปริมาณค่าความเขียว คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในใบกะเพราที่อายุ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมแต่ละชนิด 60
4.16 ปริมาณความเข้มข้นของสารสำคัญที่ผลิตได้จากผลผลิตน้ำหนักแห้งของกะเพราที่อายุ 30 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมที่แตกต่างกัน 62
4.17 ปริมาณธาตุอาหารหลัก NPK ของกะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน 64
4.18 ปริมาณธาตุอาหารหลัก NPK ของกะเพราอายุ 180 วันหลังย้าย ในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน 65
4.19 การประเมินต้นทุนและความเป็นไปได้ทางเศษฐกิจสำหรับการปลูกกะเพราในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน 67

Ref. code: 25676609034514RAK

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โครงสร้างคลอโรฟิลล์ 18

2.2 โครงสร้างแคโรทีนอยด์ 19

Ref. code: 25676609034514RAK

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การเสื่อมโทรมของดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นจากการใช้สารเคมีทั้งในรูปแบบปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืช หรือการใช้ดินอย่างผิดวิธี เช่น การปลูกพืชเชิงเดี่ยวซ้ำๆ เป็นเวลานาน โดยขาดการบำรุงดินที่เหมาะสมทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของดิน ส่งผลให้ดินไม่สามารถฟื้นฟูระบบนิเวศได้ทันต่อการใช้ประโยชน์ของเกษตรกร (พาลินทุ์, 2558) การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (soilless culture) หรือการปลูกพืชโดยใช้วัสดุดินผสมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรในการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งพบว่า สามารถให้ผลผลิตที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะปลูกในดินเพียงอย่างเดียว (อารักษ์, 2546) ทั้งนี้จากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ประกอบกับการระบาดของโรคและแมลงทำให้การปลูกพืชในระบบโรงเรือนเริ่มเข้ามามีบทบาทสำหรับการผลิตพืชในประเทศไทย ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับแมลงศัตรูพืชบางชนิดที่ส่งผลโดยตรงต่อการลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชแล้ว ยังลดความเสียหายจากสภาพแล้งหรือการขาดน้ำ รวมไปถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำฝนที่มากเกินไป ทั้งนี้สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือน การจัดการวัสดุดินผสมถือเป็นเรื่องที่จำเป็นและส่งผลต่อผลผลิตของพืชโดยตรง (อมรรัตน์ และคณะ, 2565) โดยวัสดุดินผสมที่นิยมนำมาใช้นิยมผลิตจากวัตถุดิบที่หาได้ง่าย ราคาถูก และมีสมบัติทางกายภาพที่ดีทั้งการระบายน้ำและอากาศได้ดี รวมถึงควรมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีเช่นกัน อีกทั้งควรมีน้ำหนักเบาซึ่งสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ปราศจากโรค แมลง และเมล็ดวัชพืช อีกทั้งควรมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชอย่างเพียงพอ (ปิยาภัทร์, 2565) วัสดุดินผสมที่มีรายงานในการใช้สำหรับปลูกพืชทั่วไปนิยมผลิตจากพีทมอส (สัจจะ, 2564) แกลบดำซึ่งมีรายงานว่า ช่วยให้พืชมีความสูงและจำนวนใบมากที่สุด (นพดล และทัศนุพันธุ์, 2563) อีกทั้งยังนิยมผลิตจากวัตถุดิบอย่างขุยมะพร้าวซึ่งมีรายงานว่า ทำให้ได้ผลผลิตพืชดีที่สุด เนื่องจากขุยมะพร้าวมีสมบัติในการอุ้มน้ำ ระบายน้ำ และระบายอากาศได้ดี ส่งผลให้พืชดูดธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นภาพร และวัชรวิทย์, 2562)

กะเพรา (*Ocimum tenuiflorum* L.) จัดอยู่ในวงศ์ Lamiaceae เป็นพืชพื้นเมืองของทวีปเอเชียและแอฟริกาเขตร้อน (ก่องกานดา, 2549) รู้จักกันในนามราชินีแห่งสมุนไพรเนื่องจากมีสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อการนำมาเป็นยารักษาโรคได้ดี โดยในใบกะเพรามีสารสำคัญหลายชนิด เช่น สารยูจีนอล (eugenol) โพลีฟีนอล (polyphenols) และกรดคาเฟอิก (caffeic Acid) ที่มีรายงานว่าช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดซึ่งเป็นสาเหตุเกิดโรคเบาหวาน และยังจัดเป็นสมุนไพร

Ref. code: 25676609034514RAK

กลุ่มอแดปโตเจน (adaptogenic herbs) ซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยปรับสมดุลภาวะจิตใจและอารมณ์ต่างๆ ของร่างกาย ใช้บรรเทาอาการโรควิตกกังวลทั่วไป โดยกะเพราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งใบและลำต้น ซึ่งนิยมนำมาแปรรูปในรูปชาชง ผงแห้ง หรือผสมเนยใส (Dakshayani et al., 2021; สุธาทิพ, 2551) อีกทั้งจากการที่กะเพรามีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ จึงนิยมนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการผสมในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มหลายอย่าง (Tsiraki and Savvaidis, 2013) ไม่เพียงเท่านั้นยังมีรายงานว่า จากกลิ่นเฉพาะตัวของกะเพราจึงนิยมใช้ดับกลิ่นคาวในตำหรับอาหารไทย (เดชา, 2540) ทั้งนี้แม้ว่ากะเพราเป็นพืชที่สามารถเพาะปลูกได้ง่ายเนื่องจากทนต่อสภาพแวดล้อมหรืออุณหภูมิที่สูง แต่พบว่า กะเพราเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่พบการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในระดับสูงและไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับกะเพราที่ปลอดภัย คุณภาพดี และเพียงพอต่อความต้องการในตลาด ขั้นตอนการปลูกกะเพราจึงถือเป็นหนึ่งในขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญ โดยทั่วไปเกษตรกรมักนิยมปลูกกะเพราในสภาพแปลงกลางแจ้งหรือซื้อวัสดุดินผสมตามท้องตลาดทั่วไปซึ่งมักใช้สำหรับปลูกพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ส่งผลให้เกิดปัญหาธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของต้นกะเพรา ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตต้องใส่ปุ๋ยหรือวัสดุดินผสมเพิ่ม

การพัฒนาวัสดุดินผสมสำหรับผลิตกะเพราเป็นหนึ่งในแนวทางการแก้ปัญหา เมื่อศึกษาวัสดุดินผสมที่มีรายงานในการใช้สำหรับปลูกพืชตระกูล *Ocimum* พบว่ามีการใช้พีทมอส (Khater et al., 2021) ร็อควูลให้ความสูงต้นสูงสุด (Raimondi et al., 2021) ปุ๋ยพืชสด เนื้อมะพร้าว เยื่อไม้ เพอร์ไลต์ และ sphagnum moss (Solbach et al., 2023) ไม่เพียงเท่านี้ Hewidy et al. (2014) รายงานว่า การใช้ดิน 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งเสริมด้านความสูงของต้นได้ดีที่สุดทั้งในโรงเรือนและในสภาพแปลง (กลางแจ้ง) ต่างจากการใช้พีทมอสและมูลไส้เดือนที่มีราคาแพงกว่าแต่ให้ความสูงต้นน้อยกว่า และ Agba (2019) ศึกษาผลของมูลสัตว์ปีกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต พบว่า การใส่มูลสัตว์ปีกช่วยเพิ่มจำนวนกิ่งส่งผลให้มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้วัสดุดินผสมดินผสมที่สามารถใช้ปลูกพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวนานยังไม่มีการศึกษามากนัก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัสดุดินผสมที่สามารถใช้ปลูกกะเพราได้อย่างยาวนานโดยไม่ต้องเติมหลายครั้งแต่ยังคงให้ผลผลิตที่ดี

Ref. code: 25676609034514RAK

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อผลของวัสดุดินผสมที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของกะเพรา

1.2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจในการพัฒนาวัสดุดินผสมสำหรับผลิตกะเพรา

1.3 สมมุติฐาน

1.3.1 วัสดุดินผสมที่พัฒนาสามารถเพิ่มคุณภาพผลผลิตและปริมาณผลผลิตกะเพราได้ดีกว่าการใช้ดินทางการค้าและเทียบเท่าการใช้วิธีเกษตรกร

1.3.2 วัสดุดินผสมที่พัฒนาสามารถลดต้นทุนการผลิตกะเพราและให้กำไรสูงสุด

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบวัสดุดินผสมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิต โดยวัสดุดินผสมที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ปลูกพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวนานหลายเดือนได้ดี เกษตรกรสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปปรับใช้กับพืชชนิดใกล้เคียงอื่น ๆ ในอนาคต

Ref. code: 25676609034514RAK

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กะเพรา

กะเพรา ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum tenuiflorum* Linn. (ชื่อพ้อง *Ocimum sanctum* Linn.) ชื่อสามัญ Holy basil และในอินเดียนิยมเรียก Tulsi อยู่ในอยู่ในวงศ์ Lamiaceae หรือ Labiatae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดีย ศรีลังกา ปากีสถาน และได้แพร่กระจายไปยังส่วนอื่นๆ ของโลกโดยเฉพาะเขตร้อนแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นสมุนไพรอายุรเวทที่มีประวัติการใช้ยาวนานนิยมนำมาประกอบอาหารและยา (Malik et al., 1986; Singh and Chaudhuri, 2018) กะเพรามีสรรพคุณช่วยต้านความเครียด ลดไข้ ปรับภูมิคุ้มกัน ต้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ป้องกันตับ ลดการขับปัสสาวะ ต้านเบาหวาน ลดไขมันในเลือด และต้านการอักเสบ จากสรรพคุณทั้งหมดกะเพราจึงถือเป็นราชินีแห่งสมุนไพร (the queen of herbs) หรือใช้เป็นยาอายุวัฒนะ (the elixir of life) (Mohan et al., 2011) นอกจากนี้กะเพรายังมีรสเผ็ดร้อนและช่วยให้อาหารมีรสกลมกล่อม เป็นผักที่คนไทยรู้จักกันอย่างกว้างขวางและเป็นผักยอดนิยมที่มักจะอยู่ในเมนูอาหารประจำวัน ซึ่งอยู่คู่คนไทยมายาวนาน (Ampro Health, 2022)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (Malav et al., 2015; Ambolkar et al., 2023)

2.1.1.1 ลำต้นกะเพรา

ตั้งตรงแข็งแรง โตเต็มที่จะสามารถสูงได้ 60-70 เซนติเมตร แตกกิ่งก้านมาก กิ่งและก้านเป็นเหลี่ยม ลำต้นมีสีที่แตกต่างกันทั้งสีเขียวหรือสีม่วง มีขนปกคลุมทั่วลำต้นและใบ โคนต้นเป็นไม้เนื้อแข็ง

2.1.1.2 ใบ

ลักษณะใบรูปรีหรือรูปไข่ค่อนข้างยาวซึ่งยาวได้ถึง 5 เซนติเมตร ขอบใบเป็นแบบฟันปลา ปลายใบแหลมโคนใบมน โคนใบมีขนและต่อมน้ำมัน แตกใบออกตรงข้ามในแต่ละข้อของลำต้นและกิ่ง

2.1.1.3 ช่อดอก

ออกดอกเป็นช่อแบบช่อกระจุกรอบ ออกช่อที่ยอดหรือปลายกิ่ง ก้านดอกยาว 2-4 มิลลิเมตร กลีบดอกมีจำนวน 5 กลีบ แบบไบแลบบีแอท (bilabiate) เชื่อมติดกันแยกเป็นปากบนและปากล่าง ทั้งสีขาวแกมเขียวและสีม่วงแกมขาว ส่วนกลีบเลี้ยงเป็นสีเขียวโคนเชื่อมติดกัน

Ref. code: 25676609034514RAK

2.1.1.4 เมล็ด

รูปรียาว 1-1.5 มิลลิเมตร เป็นสีเหลือง แดงไปจนถึงน้ำตาลเข้ม ตามอายุของเมล็ด พองและเป็นเมือกเมื่อถูกน้ำ

2.1.1.5 ราก

ต้นกะเพราเป็นระบบรากแก้ว ซึ่งเป็นรากหลักในการเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ขนาดใหญ่และยาว สามารถมีรากอื่นๆที่แตกแขนงออกจากรากแก้วได้ด้วย สามารถแทงลึกลงไปในดินได้ ซึ่งรากของต้นกะเพรานั้นมีลักษณะกลมเล็ก รากจะมีสีน้ำตาล และมีกลิ่นที่เฉพาะตัวและเป็นเอกลักษณ์ของกะเพราเองโดยตรง (Th data, 2021)

2.1.2 การจำแนกประเภทของกะเพรา

กะเพราในประเทศไทยสามารถพบได้ 3 ประเภท คือ กะเพราแดง กะเพราขาว และกะเพราลูกผสมระหว่างกะเพราแดงและกะเพราขาว

2.1.2.1 กะเพราแดง (red holy basil)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *O. sanctum* var. Shyama เป็นไม้ล้มลุก มีใบและกิ่งสีเขียวอมม่วง มีกลิ่นหอมที่แรงกว่ากะเพราขาว ลำต้นสูง 30-60 เซนติเมตร ใบเดี่ยวรูปรีปลายแหลม ขอบใบหยัก (สัมพันธ์ และคณะ, 2558) เป็นสมุนไพรในตำรายาไทย ใช้รักษาโรคต่างๆ ได้มากกว่า 10 โรค ใช้ใบเป็นอาหารและทุกส่วนของลำต้นเป็นยารักษาโรค

สรรพคุณทางยาของกะเพราแดง รักษาอาการวิตกกังวล เครียด ซึมเศร้า ช่วยป้องกันรักษาดวงตา ลดอาการบวมของเส้นประสาทตาจากการป่วยโรคเบาหวาน รักษาอาการกรดไหลย้อน แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ จุกเสียด แน่นหน้าอก แก้คลื่นเหียนอาเจียน รักษาแผลในกระเพาะ เมล็ดแช่น้ำพองเป็นเมือกใช้พอกตาเมื่อมีขี้ผงฝุ่นเข้าตาไม่ให้ขอบตาช้ำบวม (อดุลย์ศักดิ์, 2565)

2.1.2.2 กะเพราขาว (white holy basil)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *O. sanctum* var. Rama ลักษณะคล้ายกะเพราแดงแต่ลำต้นและใบเป็นสีเขียว สูง 70-160 เซนติเมตร ใบรูปไข่ ฐานโค้งมนปลายใบแหลม ขนาดใบมีทั้งใบใหญ่และใบเล็ก สามารถสังเกตเห็นขนได้อย่างชัดเจน ช่อดอกสีขาว กลีบเลี้ยงสีเขียวอ่อน นิยมนำมาประกอบอาหารเพื่อเพิ่มกลิ่นและรสชาติให้กับอาหาร (Tangpao et al., 2018)

2.1.2.4 กะเพราลูกผสมระหว่างกะเพราแดงและกะเพราขาว

เป็นลักษณะผสมระหว่างกะเพราขาวและกะเพราแดง ต้นค่อนข้างแข็ง แตกกิ่งก้านสาขามาก ก้านเป็นขน รูปใบเรียว โคนใบรูดในลักษณะเรียว ใบเป็นสีม่วงแดงอมเขียวหรือสีม่วง บางชนิดมีใบสีเขียวก้านม่วง ดอกออกเป็นช่อตั้งขึ้นคล้ายฉัตร ออกบริเวณปลายยอดและปลายกิ่ง ดอกเป็นสีขาวก้านดอกสีแดง (รัชนีกร, 2564; อนุชาและทัศนัส, 2562)

Ref. code: 25676609034514RAK

2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการ

คาร์โบไฮเดรต 2.3 กรัม แคลเซียม 25 มิลลิกรัม โปรตีน 4.2 กรัมต่อ 30 กิโลแคลอรี่ ไขมัน 0.5 มิลลิกรัม แคโรทีน 2.5 ไมโครกรัม ฟอสฟอรัส 287มิลลิกรัม เหล็ก 15.1 มิลลิกรัม โครเมียม 2.9 ไมโครกรัม ทองแดง 0.4 ไมโครกรัม นิกเกิล 0.73 ไมโครกรัม วาเนเดียม 0.54 ไมโครกรัม สังกะสี 0.15 ไมโครกรัม วิตามินซี 48.2 มิลลิกรัม นอกจากนี้กะเพรายังมีสารอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินบี วิตามินเค แมงกานีส แมกนีเซียม สังกะสี (Sah et al., 2018; กรมส่งเสริมเกษตร, 2566)

2.1.4 การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว (พรทิพย์ และคณะ, 2558; กรมการพัฒนาชุมชน, 2563)

2.1.4.1 การปลูก

การปลูกกะเพราสามารถทำได้ 3 วิธี ได้แก่ การปลูกแบบหว่านเมล็ด การปลูกโดยการชำกิ่ง และการปลูกโดยใช้ต้นกล้าซึ่งเป็นวิธีที่นิยมที่สุดสามารถทำได้ ดังนี้

(1) การเตรียมเพาะกล้า

ทำการผสมวัสดุเพาะโดยวัสดุที่นำมาผสมควรมีความร่วนซุย เช่น ดินร่วนหรือพีทมอสผสมกับปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักอัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร หรือดินร่วนผสมปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักผสมแกลบดำหรือขุยมะพร้าวอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ลงในถาดเพาะจากนั้นหยอดเมล็ดลงในหลุมปลูก หลุมละ 1-2 เมล็ด กลบบางๆ รดน้ำด้วยฟ็อกกี้ฉีดน้ำหรือบัวรดน้ำที่ฝอยละเอียด เพื่อไม่ให้ดินกระจายตัว รดน้ำทุกวันเช้าและบ่าย ย้ายปลูกต้นกล้าเมื่อมีอายุ 20-25 วัน

(2) การเตรียมดิน

ทำการไถดิน 1 ครั้ง ไถแปลง 1 ครั้ง แล้วจึงทำการไถพรวน เพื่อทำการกำจัดวัชพืชก่อนปลูก ตากหน้าดิน 5-10 วัน จากนั้นปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกแล้วไถพรวนผสมกัน ยกร่องแปลง 1-1.2 เมตร สูง 30 เซนติเมตร ให้พื้นที่ด้านข้างเป็นร่องระบายน้ำหรือทางเดินกว้าง 50 เซนติเมตร

(3) การย้ายปลูกต้นกล้า

เมื่อต้นกล้ากะเพรามีอายุ 25-30 วัน ทำการย้ายปลูกโดยขุดหลุมปลูกลึกครึ่งหน้าจอบ ระยะการปลูก 30x30 เซนติเมตร ย้ายปลูกช่วงตอนเย็น ก่อนย้ายปลูกควรรดน้ำให้ชุ่ม เมื่อย้ายปลูกควรใช้แสลนบังแดด 2-3 วัน และต้องรดน้ำทันทีเพื่อป้องกันการเฉา

Ref. code: 25676609034514RAK

2.1.4.2 การดูแลรักษา

(1) การให้น้ำ

กะเพราเป็นพืชที่ชอบน้ำ ดินหรือวัสดุดินผสมควรมีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ แต่ต้องระวังการเกิดน้ำขังเนื่องจากจะทำให้กะเพราเหลืองตายได้ ให้น้ำตอนเช้าและตอนเย็นอย่างสม่ำเสมอทุกวัน และงดให้น้ำเมื่อฝนตก

(2) การให้ปุ๋ย

สำหรับการใส่ปุ๋ยกะเพราควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักก่อนปลูก หรือใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 หรือสูตร 15-15-15

(3) การกำจัดวัชพืช

ทำการพรวนดินและใช้วิธีกลถอดวัชพืชหลังการปลูก 15 วัน และควรมีการกำจัดวัชพืชทุกครั้งที่มีการใส่ปุ๋ย

(4) การป้องกันกำจัดโรคและแมลง

อาจใช้สะเดา หรือชีวภาพตามสมควร

2.1.4.3 การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว

(1) ฤดูการเก็บเกี่ยว

กะเพราสามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี

(2) วิธีการเก็บเกี่ยว

สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 30-35 วัน หลังปลูก โดยใช้มีดหรือกรรไกรตัดกิ่งที่มีความคมตัดบริเวณลำต้นเหนือจากพื้นดิน 10-15 เซนติเมตร หลังจากเก็บเกี่ยวทำการใส่ปุ๋ยรดน้ำ ถ้ากะเพราออกดอกควรหมั่นตัดแต่งดอกออก เพื่อยืดอายุกะเพรา โดยกะเพราจะเจริญเติบโตหลังจากตัดครั้งแรก 15 วัน สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อีก 7-8 เดือน หลังจากนี้ควรทำการถอนทิ้งและปลูกใหม่

(3) การแปรรูปหลังเก็บเกี่ยว

ควรบรรจุถุงรีบส่งจำหน่ายโดยไม่ต้องล้างทำความสะอาด ถ้าต้องการทำเป็นกะเพราแห้งควรสับเป็นท่อนเล็กแล้วตากแดดทันที 2-3 วัน จากนั้นจึงนำไปอบต่อ

2.1.5 โรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ (กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช, 2565)

2.1.5.1 โรคพืชที่สำคัญในการผลิตกะเพรา

(1) โรคราน้ำค้าง

เกิดจากเชื้อรา *Peronospora sp*. เข้าทำลายกะเพราได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยใบที่ถูกทำลายระยะแรกด้านบนใบ เป็นสีเหลือง ด้านใต้ใบบริเวณแผลพบเส้นใยและ

Ref. code: 25676609034514RAK

สปอร์ของเชื้อราเป็นสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้มปนดำปกคลุมทั่วแผล เมื่อเชื้อราเพิ่มขึ้นใบจะเหลืองทั้งใบและแห้งตาย

(2) โรคเหี่ยว

เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. Basilici อาการของโรคเริ่มต้นจากส่วนยอดของต้นเริ่มแสดงอาการใบเหลือง จากนั้นก็จะเหี่ยวเป็นสีน้ำตาล อาการเหี่ยวเริ่มจากส่วนยอดของต้นลงมา จากนั้นเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารเน่าเป็นสีน้ำตาลโดยเฉพาะบริเวณโคนลำต้น รากเน่าเสียหายเป็นสีน้ำตาล อาการโรคเหี่ยวที่รุนแรงทำให้ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวแห้งและยืนตันตันตายในที่สุดมักระบาดมากในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำไม่ดี และถ้าหากดินมีสภาพเป็นกรดโรคจะระบาดรุนแรงมากขึ้น

2.1.5.2 แมลงศัตรูพืชที่สำคัญในการผลิตกะเพรา

(1) เพลี้ยไฟ

เป็นแมลงปากดูด พบตามส่วนออดและพบได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของกะเพรา ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากยอดและใบอ่อน ทำให้เกิดอาการยอดเหลือง

(2) แมลงหวีขาวยาสูบ

เป็นแมลงปากดูด พบด้านหลังส่วนกลางของทรงต้น ไม่ชอบใบที่อ่อนเกินไปหรือแก่ ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบพืช และเป็นพาหะนำเชื้อไวรัสโรคด่างเหลืองสู่พืช

(3) หนอนแมลงวันชอนใบ

พบเริ่มทำลายกะเพราตั้งแต่ระยะกล้ามักพบรอยทำลายด้านหน้าใบและชอบทำลายใบล่างของทรงต้น ชนิดที่พบคือ หนอนแมลงวันชอนใบ (*Liriomyza brassicae* (Riley)) ระยะหนอนทำลายพืช โดยชอนไชในใบเกิดทางเดินสีขาวคดเคี้ยวไปมา

(4) เพลี้ยอ่อน

เป็นแมลงปากดูดพบทำลายยอดและใบอ่อน ชนิดที่พบ คือ เพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypil* Glover) ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบและยอด ทำให้เกิดอาการยอดหงิกในกะเพรา

(5) หนอนเจาะสมอฝ้าย

Helicoverpa armigera (Hubner) เป็นศัตรูที่สำคัญในการผลิตกะเพรา พืชผัก พืชไร่ และไม้ผลหลายชนิด กัดกินใบ ดอก หรือเจาะฝัก ระยะหนอนจะกัดกินทุกส่วนของต้นพืชทำให้เกิดความเสียหายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

Ref. code: 25676609034514RAK

(6) หนอนกระทู้ผัก

Spodoptera litura (Fabricius) พบเข้าทำลายในระยะแรกเป็นกลุ่ม หนอน ระยะต่อมาจะทำลายรุนแรงมากขึ้นเนื่องจากเป็นหนอนที่มีขนาดใหญ่ หนอนสามารถกัดกินใบก้าน หรือเข้าทำลายบริเวณยอด การเข้ามักเกิดเป็นหย่อมๆ ตามจุด

(7) หนอนกระทู้หอม

Spodoptera exigua (Hubner) เป็นแมลงศัตรูที่ทำความเสียหายให้กับพืชได้หลายชนิด โดยเฉพาะที่ที่มีการปลูกอย่างต่อเนื่อง ตัวหนอนฟักออกจากไข่จะกัดกินผิวใบบริเวณส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยหนอนวัยที่ 3 จะทำความเสียหายรุนแรงเนื่องจากในระยะนี้หนอนจะแยกย้ายกันกัดกิน และกินได้ทุกส่วน

2.2 โรงเรือน (greenhouse)

โรงเรือนเป็นสิ่งก่อสร้างที่มุงด้วยวัสดุโปร่งแสงที่ให้แสงซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชผ่านเข้ามาภายในได้ และสิ่งก่อสร้างนี้ควรมีความสูงเพียงพอที่มนุษย์จะเข้าไปทำงานได้โดยสะดวก การปลูกพืชในโรงเรือนมีอดีตมาอย่างยาวนาน เพื่อปกป้องพืชที่ต้องการปลูกจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม การปลูกพืชในโรงเรือนจึงมีถิ่นกำเนิดและนิยมปฏิบัติกันในประเทศที่อยู่ในเขตหนาวหรือกึ่งหนาว ส่วนประเทศในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย การปลูกพืชโรงเรือนเพิ่งได้รับความนิยมเมื่อไม่นานนัก เพื่อการผลิตพืชผักให้ปลอดภัยจากศัตรูพืช มารบกวน ลดการใช้ย่าฆ่าแมลงที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำได้ยากหากปลูกนอกโรงเรือน (ธรรมศักดิ์, 2550) โดยโรงเรือนปลูกพืชที่ควรจะนำมาใช้ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ได้แก่ แบบหลังคาสามเหลี่ยมหน้าจั่วหรือสามเหลี่ยมด้านเท่าสองชั้น (gable, double roof) เป็นหลังคาโรงเรือนปลูกพืชที่นิยมใช้ในเขตร้อนชื้น เพราะกันฝนได้ดี ระบายอากาศดี แบบหลังคาโค้งสองชั้นซ้อนกัน (curve, double roof) มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับแบบหลังคาจั่วสองชั้น แต่ลักษณะการโค้งของหลังคาจะทำให้แสงสว่างผ่านได้ดีกว่า อีกทั้งยังสามารถระบายอากาศร้อนภายในอาคารได้ดีแม้ในช่วงฝนตกน้ำฝนก็ไม่ไหลเข้ามาในโรงเรือน และแบบหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อมเป็นโรงเรือนที่ออกแบบให้ง่ายต่อการระบายอากาศร้อน เนื่องจากหลังคามีช่องเปิดระบายซึ่งรูปแบบนี้เหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน (วุฒิพลและคณะ, 2565)

ในปัจจุบันโรงเรืองมีความนิยมเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาโรงเรือนให้ทันสมัยและตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งาน เรียกว่า โรงเรือนอัจฉริยะ (smart greenhouse) เป็นโรงเรือนปิด หรือแบบผสมซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมสภาวะภายในโรงเรือนได้ ประกอบด้วยระบบหลักๆ ดังนี้ 1) ระบบ Evaporative cooling System ใช้สำหรับช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน 2) ระบบ

Ref. code: 25676609034514RAK

Humidity System ใช้สำหรับควบคุมความชื้นภายในโรงเรือน ประกอบด้วย ปั๊มแรงดันสูง กรองน้ำ และหัวพ่นหมอก ระบบพ่นหมอกจะต้องใช้หัวพ่นหมอกและแรงดันที่ถูกต้อง ไม่แนะนำให้ใช้ระบบนี้สำหรับลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแบบปิด 3) ระบบ Air Circulator ทำหน้าที่ในการหมุนเวียนอากาศภายในโรงเรือนเพื่อกระจายอุณหภูมิ ความชื้นให้สม่ำเสมอ พัดลมหมุนเวียนอากาศ จะช่วยสร้างกระแสลมที่ช่วยกระจายความร้อนที่สะสม ความชื้น และอากาศที่ถูกกักไว้ภายในโรงเรือน ให้มีการหมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอ 4) ระบบ Automatic Shading System ทำหน้าที่ควบคุมความเข้มแสงไม่ให้มากเกินไปจนทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง และอาจทำให้ต้นพืชเสียหาย จึงจำเป็นต้องมีม่านพรางแสงเพื่อลดความเข้มของแสงลงให้เหมาะสม 5) ระบบ Irrigation Systems & ระบบ Fertigation System ใช้สำหรับควบคุมการให้น้ำพืชและให้ปุ๋ย ประกอบด้วยชุดควบคุมการให้น้ำและให้ปุ๋ยตามที่พืชต้องการ 6) ระบบการเติม CO_2 การปลูกพืชในโรงเรือนในเวลากลางวันอาจมีก๊าซ CO_2 ไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช จึงจำเป็นต้องให้เพิ่มเติม โดยจะเริ่มได้ตั้งแต่พระอาทิตย์ขึ้นจนถึงก่อนพระอาทิตย์ตก 1 ชั่วโมง 7) ระบบ Assimilation Lighting System เป็นระบบที่ใช้เพิ่มแสงสำหรับพืชบางชนิดต้องการช่วงกลางวันหรือช่วงมีแสงสว่างยาวนานสำหรับการเจริญเติบโต หรือการผลิตดอกจึงจำเป็น และ 8) ระบบควบคุมภายในโรงเรือน ปัจจุบันเราสามารถควบคุมทางไกลผ่านสมาร์ทโฟน โดยการควบคุมหรือสั่งงานอุปกรณ์ในระบบต่างๆ (พีระ และคณะ, 2565)

2.3 วัสดุดินผสม (growing media)

วัสดุดินผสม หมายถึง วัสดุที่เลือกมาสำหรับปลูกพืช เป็นวัสดุอินทรีย์หรืออนินทรีย์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือนำทั้งสองอย่างมาผสมรวมกัน วัสดุดินผสมพืชที่นิยมใช้ในการปลูกพืชในพื้นที่จำกัด หน้าที่หลักของวัสดุดินผสมคือ ยึดเหนี่ยวราก พืช เก็บรักษาความชื้น ให้อากาศและธาตุอาหารพืช ดังนั้นวัสดุดินผสมที่ดีจึงควรมีทั้งสมบัติทางกายภาพ (physical properties) สมบัติทางเคมี (chemical properties) และสมบัติทางชีวภาพ (biological properties) วัสดุดินผสม แบ่งออกเป็นสองประเภท คือ วัสดุดินผสมที่มีดินเป็นองค์ประกอบค่อนข้างมาก (soil-based medai) และวัสดุดินผสมที่มีดินเป็นองค์ประกอบน้อย (soilless media) (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2543) โดยวัสดุดินผสมที่นิยมใช้มีหลายชนิด ได้แก่ กาบมะพร้าวสับหรือขุยมะพร้าว แกลบดำ พีทมอส และ ดินผสม เป็นต้น โดยขุยมะพร้าวเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาไม่แพง ทั้งยังเป็นวัสดุดินผสมที่โปร่งและร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดี ส่วนแกลบดำ มีน้ำหนักเบา ราคาถูก เมื่อผสมกับดินทำให้ดินเบา ระบายน้ำดี (บ้านและสวน, 2020) จากการทดลองของ เพทาย และคณะ (2560) ได้ทำการทดสอบอัตราส่วนของวัสดุดินผสมทดแทนดินที่เหมาะสมในการผลิตกะเพราพบว่าการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของกะเพราในวัสดุดินผสมที่มีอัตราส่วนของขุยมะพร้าว ทราย และแกลบดิบ ที่แตกต่างกันมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน โดยใน

Ref. code: 25676609034514RAK

ระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต (35 วันหลังย้ายปลูก) นั้นกะเพราที่ปลูกในวัสดุดินผสมสัดส่วน 2 : 1 : 1 มีค่าเฉลี่ยความสูงลำต้นมากที่สุด ต่อมา ฉลวย และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชผักในชุมชนเมือง ซึ่งมีการผสมวัสดุดินผสมเพียงครั้งเดียว ในการปลูกจำนวน 3 ครั้ง และมีการเก็บข้อมูลสมบัติทางเคมีของวัสดุดินผสมทั้งหมด 4 ครั้ง คือ ก่อนปลูก และหลังปลูกครั้งที่ 1 2 และ 3 โดยวัสดุที่ใช้ ได้แก่ ขุยมะพร้าว ถ่านแกลบ ดินร่วน และใบก้ามปูหมัก

2.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตวัสดุดินผสม

2.3.1.1 ดิน

ดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและเกษตรกรรม เนื่องจากพืชจะเติบโตได้ต้องอาศัยดินเป็นที่ยึดเกาะให้กับรากพืช เพื่อให้ลำต้นของพืชยืนต้นอย่างมั่นคงแข็งแรง และยังเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่สำคัญต่อกระบวนการต่างๆ ของพืชที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโต อีกทั้งยังเป็นที่กักเก็บน้ำและอากาศเพื่อให้พืชใช้สำหรับหล่อเลี้ยงส่วนต่างๆ และหายใจ (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2553) คุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ 1) รูปร่างและขนาดของอนุภาค โดยอนุภาคของดินมีรูปร่างแตกต่างกัน 2) สีของดินสามารถอธิบายคุณสมบัติของดินได้ เช่น ดินสีดำ สีแดง และสีเหลือง ดินจะมีสีที่แน่นอนขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมีของธาตุภายในดิน 3) ความหนาแน่น โดยอนุภาคของดินจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของแต่ละองค์ประกอบของดินตามสัดส่วน 4) พื้นที่รูพรุน ส่วนของดินที่ประกอบด้วยอากาศและน้ำ คือ พื้นที่รูพรุนซึ่งส่วนใหญ่ถูกควบคุมโดยสภาพโครงสร้าง การเจริญเติบโตของพืชจะเหมาะสมที่สุดเมื่อพื้นที่รูพรุนในดินประกอบด้วยอากาศและน้ำสัดส่วน 1:2 โดยปริมาตร 5) อุณหภูมิของดิน เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมทางจุลชีววิทยา อุณหภูมิที่ต้องการจะแตกต่างกันไปตามพืชผลและพันธุ์ และ 6) อากาศและน้ำในดิน ส่งผลต่อการพัฒนาราก การหายใจ และกระบวนการทางชีวภาพอื่นๆ ซึ่งการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชได้ อีกทั้งยังเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของดิน (Arunkumar, 2021)

2.3.1.2 ขุยมะพร้าว

สามารถหาได้ในเมืองไทย มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดีและระบายอากาศ ขุยมะพร้าวได้จากโรงงานผลิตเส้นใยมะพร้าว ซึ่งเกิดจากการแยกเส้นใยออกจากเปลือกมะพร้าว พบมากทางภาคใต้ของประเทศ (อนันต์, 2551) โดยขุยมะพร้าวจะมีประมาณร้อยละ 70 ของน้ำหนักกาบมะพร้าว มีลักษณะเป็นสีน้ำตาล เป็นรูพรุนและมีน้ำหนักเบา มีความพรุนที่เต็มไปด้วยอากาศประมาณร้อยละ 25 เนื่องจากมีความสามารถในการกักเก็บน้ำและมีสารอาหารบางชนิดสูง (Dewi, 2020) ขุยมะพร้าวจึงถูกนำมาใช้ในวงการเพาะปลูกเป็นส่วนผสมของวัสดุดินผสม แต่การนำมาใช้เป็นวัสดุดินผสมเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งคุณสมบัติของขุยมะพร้าวที่มีการอุ้ม

Ref. code: 25676609034514RAK

น้ำสูงอาจทำให้รากพืชขาดอากาศ ข้อเสียอีกอย่างคือมีการยุบและสลายตัว จึงมักนำผสมกับวัสดุอื่น ไม่เพียงเท่านั้นในขุยมะพร้าวยังมีการสะสมความเค็มจากเกลือแร่ และมีสารอินทรีย์ เช่น สารแทนนิน ซึ่งเป็นพิษต่อพืชผสมอยู่ (ปิยาภัทร์, 2565) ก่อนใช้จึงควรทิ้งไว้กลางแจ้งให้สารพิษสลายก่อน หรือนำไปหมักก่อนใช้

2.3.1.3 แกลบดำ

ลักษณะคล้ายไบโอชาร์ มีค่า pH 7-8.5 มีความแปรวนมาก ขึ้นอยู่กับอยู่กับอายุกองแกลบดำ ถ้ามีอายุมากจะมีการชะล้างโดยฝนมาก pH จะลดลงอุ้มน้ำดี พื้นที่ผิวสัมผัสมาก มีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับที่ดี ความคงทนของโครงสร้างดี มีการสลายตัวน้อยแต่จะมีการอัดตัวบ้างหลังปลูก (ชลิตาและขนิษฐา, 2561; อาภารณ์และชุลีมาศ, 2561) รักษาความชื้นและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินจากความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกสูงเพื่อให้สามารถจับไอออนบวกของดินที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (Walianggen, 2022) แกลบดำประกอบด้วยซิลิกา (SiO_2) ซึ่งประกอบขึ้นเป็นประมาณร้อยละ 85-90 ของน้ำหนักทั้งหมด พร้อมด้วยแร่ธาตุอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อย เช่น โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และเหล็ก (Fe) ปริมาณซิลิกาสูงของเถ้าแกลบทำให้มีประโยชน์ใช้แก้ไขด้านการเกษตรเพื่อปรับปรุงโครงสร้างดินและความอุดมสมบูรณ์ ใช้เป็นวัสดุดินผสมได้ดีมากชนิดหนึ่ง อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้และราคาถูก (Singh, 2018)

2.3.1.4 ใบก้ามปูหมัก

ทำมาจากพืชตระกูลถั่วที่มีชื่อที่รู้จักกันในประเทศไทย ได้แก่ จามจุรี ก้ามกลาม ก้ามปู ฉำฉา ชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Samanea saman* (Jacq) Merr. ชื่อในภาษาอังกฤษที่เรียกกันแพร่หลาย คือ Rain tree อุดมไปด้วยธาตุไนโตรเจน (เนื่องจากเป็นพืชตระกูลถั่ว) มีค่า pH ประมาณ 7 เมื่อผลัดใบจะมีใบชุดใหม่งอกทำให้มีใบตลอดทั้งปี (สุบรรณ และคณะ, 2562; กฤษณวรรณ, 2564) ใบมีธาตุไนโตรเจนร้อยละ 2.00-3.25 ช่วยให้ดินอุ้มน้ำ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาและปรับปรุงโครงสร้างดิน จึงเป็นที่นิยมในการนำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก หรือเป็นส่วนผสมในดินปลูกต้นไม้ (ข่าวสารวิชาการ กอป., 2566) แต่ใบก้ามปูที่ยังสดอยู่นั้นยังไม่เหมาะกับการนำมาใช้ในการเพาะปลูก เนื่องจากจะดึงธาตุไนโตรเจนในดินที่มีอยู่ก่อนมาย่อยสลายตัวเอง จึงจำเป็นต้องมีการนำไปหมักให้กลายเป็นใบก้ามปูหมักโดยใช้เวลาประมาณ 1 เดือน (Lucky worm, 2565) สอดคล้องกับ Utomo and Purwanti (2023) ซึ่งศึกษาผลของการใช้ใบก้ามปูต่อการเจริญเติบของดอกทานตะวัน พบว่า การใช้ใบก้ามปูหมักส่งผลดีที่สุดต่อการเจริญเติบโตของต้นทานตะวันเมื่อเปรียบเทียบกับใบก้ามปูสด สุธีรา (2557) รายงานว่า ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารและใบจามจุรีมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าปุ๋ยเคมีหากพิจารณาจากปริมาณผลผลิตที่ได้ เช่นเดียวกับ Klomklang et al. (2021) ซึ่งศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุดินผสม โดยนำแก้วกะดาษ มูลไส้เดือน ใบก้ามปู มูลวัว

Ref. code: 25676609034514RAK

และกากกาแฟ เป็นวัตถุดิบในการผสม พบว่า ทุกทรีตเมนต์สามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินได้

2.3.1.5 กากตะกอนอ้อย

กากตะกอนอ้อยหรือฟิลเตอร์เค้ก (filter cake) หรือที่หลายคนเรียกว่า ขี้หม้อกรอง ขี้อ้อย หรือขี้เค้กอ้อย (press mud) คือสิ่งเจือปนที่อยู่ในน้ำอ้อยไม่สามารถละลายน้ำได้ สิ่งเจือปนนี้ถูกกำจัดไปไปในกระบวนการทำใส (clanfication) โดยผ่านหม้อกรองสุญญากาศ (vacuumrotary ther) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลที่ได้จากการแยกตะกอนออกจากน้ำอ้อยในขั้นตอนสุดท้าย เพื่อนำน้ำอ้อยไปผลิตเป็นน้ำตาลทราย กากตะกอนอ้อยทั่วไปมีลักษณะเปียกชื้นเป็นสีดำ ซึ่งในนั้นประกอบด้วย เศษของพืชในส่วนของใบ และกาบใบเป็นส่วนใหญ่ (จีราภรณ์ และคณะ, 2566) จากการวิเคราะห์พบว่า กากตะกอนอ้อยมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน (N) ประมาณร้อยละ 3 ฟอสฟอรัส (P) ประมาณร้อยละ 0.24 และโพแทสเซียม (K) ประมาณร้อยละ 0.2 (มิตรผลโมเดิร์นฟาร์ม, 2564) กากตะกอนอ้อนจึงมีศักยภาพที่ดีในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินและผลผลิตพืชผล แนะนำให้ใช้ร่วมกับปุ๋ยอื่นเพื่อเพิ่มความพร้อมของสารอาหารจากพืช (Raza at el., 2021)

2.3.1.6 ปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2548; ทรายแก้ว และคณะ, 2556; โสพส, 2559)

ปุ๋ยที่ได้จากอินทรียวัตถุซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ บด หมัก ร่อน และวิธีการอื่นๆ แต่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี โดยปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการบำรุงและปรับปรุงดินสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

(1) ปุ๋ยหมัก (compost)

ได้จากกระบวนการหมักอย่างสมบูรณ์ของวัสดุอินทรีย์จากพืช โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยที่เหมาะสำหรับบำรุงดิน เพราะจุลินทรีย์ที่ได้จากการหมักจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ดินร่วนซุยและอุ้มน้ำได้ดินมากขึ้น

(2) ปุ๋ยพืชสด (green manure)

ได้จากการไถกลบพืชขณะที่ยังสดอยู่ลงบนพื้น ซึ่งพืชบางชนิดให้ธาตุอาหารที่สูง ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตน้อย โดยพืชที่นิยมใช้มักเป็นพืชตระกลูถั่ว เพราะมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เป็นการช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่พืชได้อีกหนึ่งรูปแบบ หลังจากไถพรวนแล้วทิ้งไว้จนเปื่อย ซากพืชที่ได้จะให้ธาตุอาหารและเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน

Ref. code: 25676609034514RAK

(3) ปุ๋ยคอก (animal manure)

ได้จากมูลสัตว์ต่างๆ ซึ่งมูลเหล่านี้เป็นอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากระบบย่อยอาหารของสัตว์ นอกจากจะเป็นแหล่งของธาตุอาหารให้กับพืชแล้วยังช่วยป้องกันรักษาดิน ตลอดจนช่วยปรับปรุงดินให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช ซึ่งปุ๋ยคอกสามารถนำไปใช้ได้ทั้งแบบของแข็งและของเหลว ไม่นิยมนำไปใช้แบบสดอาจเป็นอันตรายต่อพืชโดยมูลสัตว์จากความร้อนและอินทรีย์สารบ้างชนิดที่เกิดขึ้นระหว่างมูลสัตว์สลายตัว อีกทั้งปุ๋ยคอกที่ผ่านการหมักแล้วจะสร้างฮิวมัสมากขึ้น โดยปุ๋ยคอกที่นิยมนำมาใช้มีดังนี้

- มูลไก่ เป็นมูลที่มีธาตุอาหารหลักค่อนข้างสูง ซึ่งประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (ตารางที่ 2.1) คุณภาพของมูลสัตว์ในการปลดปล่อยธาตุอาหารขึ้นอยู่กับอาหารที่กินเข้าไป คุณภาพของอาหารที่นำมาเลี้ยงไก่มีโปรตีน จึงทำให้ธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากกว่าธาตุอาหารชนิดอื่นๆ ค่า pH ประมาณ 7-8 อีกทั้งยังอุดมไปด้วยสารอินทรีย์เมื่อนำมาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน ทำให้ดินมีความสามารถในการดูดซับน้ำ เนื้อไก่เป็นสินค้าเศรษฐกิจที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 1 ในสาขาปศุสัตว์ของไทย สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศเฉลี่ยปีละไม่ต่ำกว่า 100,000 ล้านบาท เป็นอาชีพให้เกษตรกรมากกว่า 30,000 ราย เนื่องจากเนื้อไก่มีความต้องการมากในตลาด มูลไก่จึงเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ ซึ่งมีการเลี้ยงเชิงการค้ากระจัดกระจายอยู่ทั่วประเทศ (กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, 2566) มูลไก่กระทงมักมีแกลบปนประมาณร้อยละ 50 ส่วนมูลไก่ไข่มีแต่เนื้อมูลล้วน ฉะนั้นควรใช้มูลไก่ไข่น้อยกว่ามูลไก่กระทงครึ่งหนึ่ง มูลไก่สดไม่ควรนำไปใช้ในสวนไม้ผล และพืชพืชผักโดยตรงควรนำไปทำปุ๋ยหมักให้สมบูรณ์ก่อน

- มูลวัว ได้จากมูลวัวเนื้อและมูลวัวนม ซึ่งจะมีธาตุอาหารแตกต่างกันจัดเป็นปุ๋ยคอกอีกหนึ่งชนิดที่มีธาตุอาหารหลักค่อนข้างสมบูรณ์ ถือเป็นแหล่ง P ที่ดีสำหรับพืชผล แต่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่นๆ สามารถช่วยการเจริญเติบโตของพืชและเพิ่มผลผลิตของพืชได้ ไม่แนะนำให้ใช้มูลวัวสดเป็นปุ๋ยให้กับพืชโดยตรง ถ้าใส่มากเกินไปอาจทำให้พืชเหี่ยวหรือตายได้ อีกทั้งยังอาจมีเมล็ดวัชพืชปะปน เนื่องจากวัวเป็นสัตว์กินหญ้า ควรนำไปหมักหรือทำเป็นมูล

- มูลสุกร เป็นมูลที่ธาตุอาหารค่อนข้างสูงโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส มูลแห้งนั้นชาวสวนผักนิยมใช้มากที่สุด มูลสุกรมักจะมีปริมาณทองแดงมาก การใช้สะสมนานๆ อาจจะเป็นอันตรายต่อพืชได้ ควรนำไปทำปุ๋ยหมักร่วมกับแกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าว ก่อนที่จะนำไปใช้

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 2.1 ปริมาณธาตุอาหารในมูลสัตว์ 4 ชนิด

น้ำ/ธาตุอาหาร	โคนม	โคเนื้อ	ไก่	สุกร
น้ำ, ร้อยละ	75	80	35	72
N, ร้อยละ	2.4	1.9	4.4	2.1
P, ร้อยละ	0.7	0.7	2.1	0.8
K, ร้อยละ	2.1	2.0	2.6	1.2
Ca, ร้อยละ	1.4	1.3	2.3	1.6
Mg, ร้อยละ	0.8	0.7	1.0	0.3
S, ร้อยละ	0.3	0.5	0.6	0.3

ที่มา: Brady and Well (2002)

2.4 ธาตุอาหาร (Jadhav et al., 2023; จิรวัฒน์, 2568)

ธาตุอาหารเป็นสารอาหารจำเป็นที่พืชต้องการในการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต เพราะธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างต่าง ๆ พืช แล้วยังเป็นส่วนประกอบของสารที่ทำหน้าที่ในกระบวนการสำคัญ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ โดยทั่วไปในดินจะมีธาตุอาหารหลายชนิดที่จำเป็นต่อพืช แต่ดินในแต่ละพื้นที่อาจจะมีชนิดและปริมาณของธาตุอาหารแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสารที่เป็นองค์ประกอบของดิน โดยธาตุอาหารที่พืชขาดไม่ได้มี 17 ธาตุ ซึ่งพืชได้รับจากน้ำและอากาศ 3 ธาตุ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) และพืชได้รับจากดินอีก 14 ธาตุ โดยสามารถจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ มหาธาตุและจุลธาตุ สำหรับมหาธาตุ เป็นสารอาหารจำเป็นที่พืชต้องการในปริมาณมาก โดยปกติจะพบในความเข้มข้นประมาณ 1000 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้งสามารถแบ่งได้อีก 2 ประเภท ได้แก่ ธาตุอาหารหลัก ประกอบด้วย 3 ธาตุอาหาร คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และธาตุอาหารรอง ประกอบด้วย 3 ธาตุอาหาร คือ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เป็นต้น และสำหรับจุลธาตุเป็นสารอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย โดยทั่วไปมีความเข้มข้นประมาณ 100 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้งหรือน้อยกว่านั้นประกอบด้วย 8 ธาตุอาหาร ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดินัม (Mo) คลอรีน (Cl) และนิกเกิล (Ni) เป็นต้น

แต่อยากไรก็ตามธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้และมีการศึกษามาก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) ซึ่งจะมีบทบาทและความสำคัญ ดังนี้

Ref. code: 25676609034514RAK

2.4.1 ไนโตรเจน (nitrogen; N)

ไนโตรเจน (N) เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับพืชและเป็นส่วนประกอบหลักของโปรตีน กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟลิพิด คลอโรฟิลล์ และฮอร์โมน มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกขั้นตอนของการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช สภาวะที่พืชได้รับ ไนโตรเจนต่ำถือเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งส่งผลต่อลดผลผลิตและคุณภาพ เพื่อตอบสนองต่อความเครียดที่มีไนโตรเจนต่ำพืชจะย่อยสลายโปรตีนของตัวเองเพื่อให้ได้ไนโตรเจนนำกลับมาใช้ใหม่ มักส่งผลให้การสังเคราะห์แสงลดลงการเร่งการชราภาพของใบและการชะลอตัวของการสะสมชีวมวลซึ่งจากนั้นทำให้เกิดความเสียหายอย่างถาวรต่อพืช (Wang et al.,2024) ปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก แต่ไนโตรเจนในอากาศที่อยู่ในรูปแบบของก๊าซนั้น พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ยกเว้นพืชตระกูลถั่วเท่านั้น ที่มีระบบรากพิเศษ สามารถแปรรูปก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ เอามาใช้ประโยชน์ได้ ธาตุไนโตรเจนที่พืชใช้ประโยชน์ได้นั้น จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ (โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2542) เซลล์พืชสามารถดูดซึมไนโตรเจนได้ในรูปไนเทรตไอออน (NO_3^-) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) โดยจุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ นอกจากนี้ N เป็นธาตุที่ขาดในพื้นที่การเกษตรทั่วไป ความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อการผลิตพืชจึงสูงกว่าปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียม (Kuzyakov and Zu, 2013; Vidal et al., 2014)

2.4.2 ฟอสฟอรัส (phosphorus; P)

ฟอสฟอรัส (P) ในระดับเซลล์ของพืชฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับการทำงานทางสรีรวิทยาและชีวเคมีต่างๆ เข้าสู่กระบวนการเมตาบอลิซึมที่หลากหลาย โดยเฉพาะการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกและการสร้างพลังงานของพืช การขาดฟอสฟอรัสในดินทำให้การผลิตผลไม้มีคุณภาพลดลงในระหว่างการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ฟอสฟอรัสยังมีบทบาทในการสร้างและพัฒนาระบบรากที่แข็งแรง ดินทั่วไปมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ในแร่และถูกตรึงอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ยาก ฟอสเฟตไอออนเป็นรูปแบบที่พืชใช้ประโยชน์ได้ง่าย พืชดูดจากดินด้วยโปรตีนขนส่งฟอสฟอรัสในดินซึ่งอยู่ในรูปแบบต่างๆ สามารถแบ่งได้ 4 แบบ คือ ฟอสเฟตอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ในสารละลายดิน, ฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ถูกดูดยึด (adsorbed P), ฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble P) และฟอสเฟสอินทรีย์ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสในดินและการดูดซึมโดยพืช ได้แก่ 1) ปัจจัยทางกายภาพ เช่น พื้นผิวดินและความชื้น อีกทั้งขนาดอนุภาคของดินยังมีอิทธิพลต่อการกักเก็บฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น 2) ปัจจัยทางเคมี มีหลายประการที่มีปฏิกิริยาต่อกัน ซึ่งส่งผลต่อความพร้อมในการใช้งานและการแพร่กระจายของฟอสฟอรัสในดิน เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), สารอินทรีย์ (organic matter), redox potential และความเข้มข้นของธาตุเหล็ก อะลูมิเนียม และแคลเซียม เป็นต้น 3) ปัจจัยทางชีวภาพ ความหลากหลายของกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นช่วยละลายแคลเซียมฟอสเฟตสามเบส

Ref. code: 25676609034514RAK

(tricalcium phosphate) ให้กลายเป็นฟอสเฟตอนินทรีย์ในรูปแบบไดเบสิกและโมโนเบสิก ซึ่งสามารถดูดซึมโดยพืชได้ดียิ่งขึ้น (Bechtaoui et al., 2021; ยงยุทธ, 2558)

2.4.3 โพแทสเซียม (potassium; K)

โพแทสเซียม (K) ในเปลือกโลกมีโพแทสเซียมประมาณ 2.1-2.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารอาหารที่จำเป็นและเป็นแคตไอออนที่มีมากที่สุดในพืช ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน (K^+) ในไซโตพลาสซึมพบอยู่ระหว่าง 100-200 มิลลิโมลาร์ อีกทั้งโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญใน การกระตุ้นเอนไซม์ (enzyme activation), การสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis), การสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis), การออสโมเรกูเลชั่น (osmoregulation), การเคลื่อนไหวของปากใบ (stomatal movement), การถ่ายโอนพลังงาน (energy transfer), การขนส่งผ่านท่อลำเลียงอาหาร (phloem transport), ความสมดุลของ cation-anion และความต้านทานต่อความเครียด (stress resistance) (Wang et al., 2013) โพแทสเซียมในดินทั้งหมดแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ โพแทสเซียมไอออนในสารละลายดิน, โพแทสเซียมที่ดูดซับที่ผิวของคอลลอยด์ดินอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ เนื่องจากถูกตรึงอยู่ในแร่ดินเหนียว และสุดท้ายเป็นองค์ประกอบของแร่ โดยสองส่วนแรกอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช รากพืชสามารถดูดไปใช้ในรูปโพแทสเซียมไอออน แต่สองส่วนหลังพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (Zorb et al., 2014)

2.5 สารทุติยภูมิ (secondary metabolites)

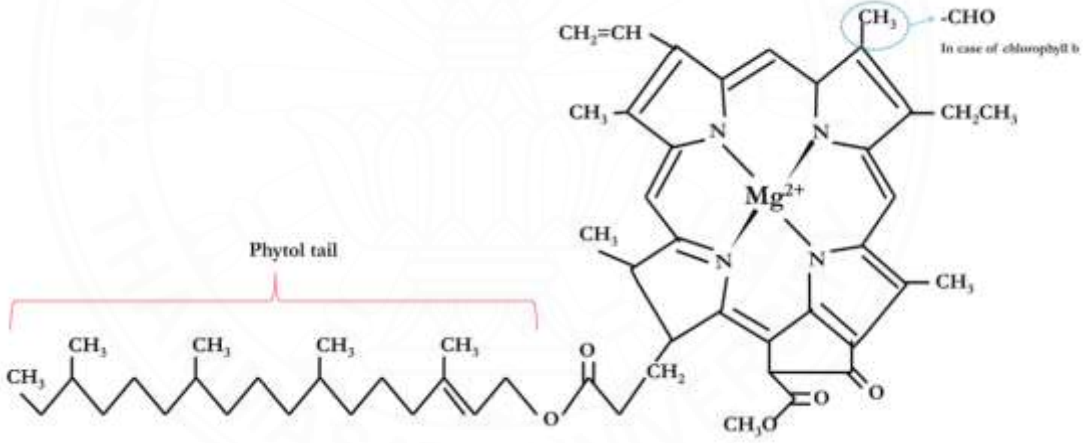
เป็นสารเคมีที่พืชสร้างขึ้นตามธรรมชาติโดยไม่ได้มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต การกระจายตัวของสารเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามวงศ์พืชซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัว ในธรรมชาติสารทุติยภูมิทำหน้าที่ปกป้องพืชจากการทำลายของศัตรู ส่วนใหญ่แล้วเป็นสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ จึงถูกแยกสกัดออกมาจากต่างๆ ของพืช เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ (ศุภวรรณ, 2549)

2.5.1 คลอโรฟิลล์ (chlorophyll)

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวที่สำคัญในกลไกการสังเคราะห์แสงของพืช มีหน้าที่ดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์และกระตุ้นปฏิกิริยาแสง คลอโรฟิลล์ ประกอบด้วยส่วนหัวของ porphyrin ring ซึ่งมีอะตอมของแมกนีเซียมอยู่ตรงกลางและส่วนหางซึ่งเป็น long chain hydrocarbon เรียกว่า phytol คลอโรฟิลล์มีหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ เอ และ บี ซึ่งแต่ละชนิดมีโครงสร้างและคุณสมบัติในการดูดซับแสงที่แตกต่างกัน คลอโรฟิลล์เอ สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 680 และ 700 นาโนเมตร โครงสร้างของคลอโรฟิลล์เอ ประกอบด้วยวงแหวนคลอรีน

Ref. code: 25676609034514RAK

ซึ่งมีอะตอมไนโตรเจน 4 อะตอมล้อมรอบแมกนีเซียมไอออน นอกจากนี้ ยังมีโซ่ไฮโดรคาร์บอนหลายเส้นติดอยู่กับวงแหวนคลอรีน โดยตำแหน่ง C7 ของวงแหวนคลอรีนจะติดอยู่กับกลุ่มเมทิลในคลอโรฟิลล์เอ (ภาพที่ 2.1) ขณะที่คลอโรฟิลล์บี จะดูดซับแสงที่ความยาวคลื่น 480 640 และ 650 นาโนเมตร โครงสร้างของคลอโรฟิลล์บี ส่วนใหญ่จะคล้ายกับคลอโรฟิลล์เอ แต่ตำแหน่ง C7 ของวงแหวนคลอรีนติดอยู่กับกลุ่มอัลดีไฮด์ในคลอโรฟิลล์บี (Patane and Vibhute, 2014; Mandla and Dutta, 2020) วงแหวนพอร์ไฟรินมีหน้าที่ดูดซับพลังงานแสง และแมกนีเซียมไอออนทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน คลอโรฟิลล์รูปแบบที่พบบ่อยที่สุดที่พบในพืชคือคลอโรฟิลล์เอ (Martins, 2023) ใบที่มีสีเขียวเข้ม จะพบกิจกรรมการสังเคราะห์แสงสูง และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่แข็งแรงเป็นลักษณะของพืชที่มีปริมาณ N เพียงพอ ในทางกลับกันปริมาณ N ที่ไม่เพียงพออาจทำให้เกิดคลอโรซิสและการเจริญเติบโตที่แคระแกรนได้ ซึ่งปัจจัยทางสภาพแวดล้อม เช่น สภาพขาดน้ำ ดินเค็ม การขาดธาตุไนโตรเจน หรือการเข้าทำลายของศัตรูพืชส่งผลต่อการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (Jifon et al., 2005; Shah et al., 2017)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างคลอโรฟิลล์

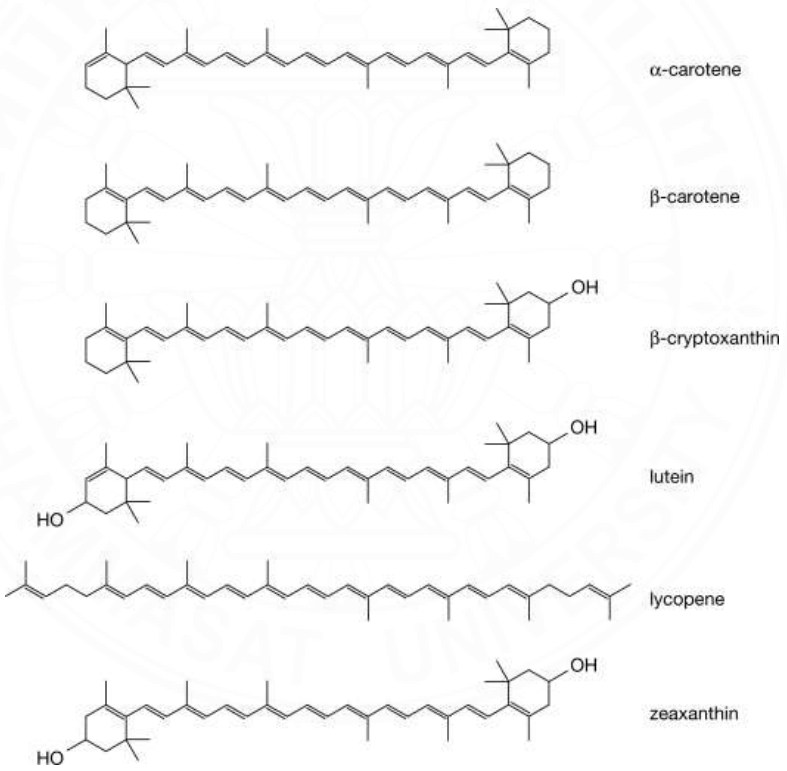
ที่มา: Mandla and Dutta (2020)

2.5.2 แคโรทีนอยด์ (carotenoids)

เป็นกลุ่มของสารสีซึ่งมีเฉดสีตั้งแต่สีเหลืองไปจนถึงสีแดง พบในสิ่งมีชีวิตหลากหลายทั้งที่สังเคราะห์แสงไม่ได้และสังเคราะห์แสงได้ เช่น ส่วนต่าง ๆ ของพืช สัตว์ สาหร่าย รา และแบคทีเรีย ในปัจจุบันมีการค้นพบว่า 700 ชนิดในธรรมชาติ สารในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์เฉพาะในด้านการต้านอนุมูลอิสระที่จะนำไปสู่การชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์ร่างกาย (ปิยภัทร, 2560) แคโรทีนอยด์โดยทั่วไปจะมีแกนหลักสายโซ่ 40 คาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลไอ

Ref. code: 25676609034514RAK

โซพรีนแปดโมเลกุล โดยแคโรทีนอยด์มีความแตกต่างและผลิตเม็ดสีที่แตกต่างกันผ่านแกนหลักสายโซ่ไอโซพรีนอยด์ผ่านวงแหวนกลุ่มสุดท้ายและออกซิเดชัน (ภาพที่ 2.2) แคโรทีนอยด์แบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลักที่พบในธรรมชาติ ได้แก่ แคโรทีนซึ่งประกอบด้วยกลุ่มไฮโดรคาร์บอน และแซนโทฟิลซึ่งประกอบด้วยออกซิเจนในโมเลกุล โดยแซนโทฟิลเกิดจากกระบวนการเติมออกซิเจนในโครงสร้างวงแหวนของแคโรทีนอยด์ในกลุ่มแคโรทีน การเติมหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxylation) ขั้นแรกในวงแหวนเบต้า (β) ของ เบต้า-แคโรทีน (β-carotene) และ อัลฟ่า-แคโรทีน (α-carotene) ทำให้ได้ β-cryptoxanthin และ zeinoxanthin ตามลำดับ และการเกิด hydroxylation ขั้นที่สองในวงแหวน β อีกข้างหนึ่งของ β-cryptoxanthin และวงแหวน ε ของ zeinoxanthin ทำให้ได้ zeaxanthin และ lutein (Ellison, 2016)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างแคโรทีนอยด์
ที่มา: Ellison (2016)

2.5.3 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

เป็นกลุ่มสารทุติยภูมิที่ใหญ่ที่สุดซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอาณาจักรพืช โครงสร้างพื้นฐานเป็นวงอะโรมาติก (aromatic Ring) หมู่ไฮครอกซิล (hydroxyl Group) เข้ามาแทนที่ซึ่งอาจเข้ามา

Ref. code: 25676609034514RAK

แทนที่ 1 หมู่หรือมากกว่า และมีตั้งแต่โมเลกุลฟีนอลิกอย่างง่ายไปจนถึงสารประกอบโพลีเมอไรเซชันสูง สารประกอบฟีนอลิกสามารถจำแนกเป็นกลุ่มได้จากโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยใช้จำนวนของคาร์บอนที่เชื่อมต่อกับโครงสร้างหลักของสารประกอบฟีนอลลิกเป็นเกณฑ์ (Lin et al., 2016; กัลยา, 2564) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับจากภายนอก และพบมากในธรรมชาติ เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดธัญพืช ในปัจจุบันพบ สารประกอบฟีนอลิกมากกว่า 8,000 ชนิด ในธรรมชาติ สารประกอบฟีนอลิกสามารถแบ่งได้ 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ Stilbenes, Flavonoids, Phenolic acids และ Tannins เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์หลายอย่าง คุณสมบัติของสารประกอบฟีนอลิกพบว่า ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ต้านจุลชีพ ต้านมะเร็ง และต้านการอักเสบ (Butkhup, 2011; วลัยพร และคณะ, 2564) สารประกอบฟีโนลิกจากพืชบางชนิด มีสมบัติพิเศษในด้านรสชาติและสี จึงถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารและเครื่องดื่ม เช่น 1) แคปไซซิน (capsaicin) ในพริกเป็นสารที่มีรสเผ็ด 2) อัลคีลฟีนอล (alkylphenols) ให้กลิ่นและรสอันเป็นเอกลักษณ์ของน้ำมันกานพลู (clove oil) 3) แทนนิน (tannins) ทำให้อาหารมีรสขมหรือฝาด 4) สารสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เช่น เพลาโกนิดิน (pelargonidins) ไซแอนนิดิน (cyanidins) และเดลฟินิดิน (delphinidins) ซึ่งเป็นสารสีแดง น้ำเงิน และม่วง 5) กลูโคซิโนเลต เป็นสารที่ให้ลักษณะเฉพาะด้านกลิ่นและรสของพืชในตระกูลกะหล่ำ เช่น โปรโกอิทริน (progoitrin) ให้รสขม ส่วนปริมาณกลูโคซิโนเลตทั้งหมดจะเกี่ยวข้องกับความแรงของกลิ่น (ยงยุทธ, 2558)

2.5.4 ฟลาโวนอยด์ (flavonoid)

ฟลาโวนอยด์เป็นกลุ่มของสารธรรมชาติที่มีโครงสร้างฟีนอลิกที่หลากหลาย พบได้ในผลไม้ ผัก ธัญพืช เปลือกไม้ ราก ลำต้น ดอกไม้ ชา และไวน์ ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติเหล่านี้เป็นที่รู้จักกันดีว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ ฟลาโวนอยด์ถือเป็นส่วนประกอบที่ขาดไม่ได้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ยา เวชภัณฑ์ และเครื่องสำอางต่างๆ เนื่องจากมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านการกลายพันธุ์ และต้านมะเร็ง รวมถึงความสามารถในการปรับการทำงานของเอนไซม์ที่สำคัญในเซลล์ (Panche et al., 2016) ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างหลักฟลาโวนตรงนิวเคลียสมีสูตรโมเลกุล คือ C_{15} (C_6-C_3-C_6) โดยมีวงแหวน A และ B (phenyl ring) จับกับไพแรนหรือไพโรน (C) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ ring C ทำให้มีการแยกฟลาโวนอยด์ ออกเป็นกลุ่มต่างๆ และการเกิด hydroxylation ที่ ring A และ B ทำให้เกิดอนุพันธ์ของฟลาโวนอยด์ชนิดนั้นๆ ฟลาโวนอยด์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ (1) แอนไธไซยานินส์ (anthocyanins) ซึ่งจะพบในรูปของอนุพันธ์ต่างๆ พบมากในสีของดอกไม้ ผัก และผลไม้ (2) แอนโธแซนทินส์ (anthoxanthins) เป็นกลุ่มสารที่ไม่มีสีประกอบด้วยกลุ่มต่างๆ (Butkhup, 2011) หน้าที่ของฟลาโวนอยด์ คือ เป็นสารให้สีที่สำคัญในพืชช่วยในการกรองรังสี อัลตราไวโอเลต ช่วยตรึงไนโตรเจน (Pietta, 2000) และป้องกันพืชจาก แมลง หรือเชื้อโรคเข้าทำลาย (Ferreyra et al., 2012)

Ref. code: 25676609034514RAK

2.5.5 แอนโทไซยานิน (anthocyanin)

เป็นตัวแทนของคลาสย่อยของสารประกอบฟีนอลิกซึ่งส่วนใหญ่มีส่วนทำให้เกิดสีเหลืองอ่อน ส้ม แดง ม่วงแดง ม่วงแดง ม่วง และน้ำเงินที่สวยงามของเนื้อเยื่อพืชหลากหลายชนิด โดยเฉพาะดอกไม้ ใบไม้ และผลไม้ (Nassour et al., 2020) ปัจจุบันมีการค้นพบแอนโทไซยานินมากกว่า 300 ชนิดจากสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่ได้พบกว่า 7,000 ชนิดแต่ละชนิดจะมีสีสีสันและคุณสมบัติแตกต่างกันไป แม้ว่าแอนโทไซยานินจะมีด้วยกันหลายชนิดแต่ทุกชนิดจะมีโครงสร้างหลักเป็นสารชนิดเดียวกันที่เรียกว่า แอนโทไซยานิดิน (anthocyanidins) ที่มีคาร์บอน 15 อะตอมอยู่ภายในโมเลกุล คือ โครงสร้างแบบ C6-C3-C6 ซึ่งเป็นไกลโคไซด์ (glycoside) ของ 2-phenylbenzium cation แอนโทไซยานิดินสามารถเกิดได้ประมาณ 20 ชนิด แต่มีอยู่ 6 ชนิดเท่านั้นที่ pelargonidin (Pg) คิดเป็น18 % cyanidin (Cy) คิดเป็น 30 % delphinidin (Dp) คิดเป็น 22 % และ peonidin (Pt) และ malvidin (Mv) คิดเป็น 20 % (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) ทางเภสัชและชีววิทยา พบว่าแอนโทไซยานินสามารต้านมะเร็ง ต้านการอักเสบ ต้านพิษต่อตับ ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านภูมิแพ้ ต้านการแข็งตัวของเลือด และต้านอนุมูลอิสระ13 ชนิด สารต้านอนุมูลอิสระเชื่อกันว่าสามารถปิดกั้นกระบวนการออกซิเดชันและอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดโรคเรื้อรังเหล่านี้ และแอนโธไซยานิน ยังเป็นสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งมีฤทธิ์เทียบเท่ากับสารต้านอนุมูลอิสระทั่วไป เช่น บิวทิเลเต็ดไฮดรอกซีอะนิโซล (BHA) บิวทิเลเต็ดไฮดรอกซีโทลูอีน (BHT) และอัลฟา โทโคฟีรอล (Francis, 2002)

2.5.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

อนุมูลอิสระ (Free radicals) คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนอยู่ในออร์บิทัลวงนอก มีบทบาทคู่ในระบบชีวภาพ เป็นสารที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยสูญเสียหรือให้อิเล็กตรอนแก่สารอื่นเพื่อให้อิเล็กตรอนอยู่เป็นคู่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำลายส่วนประกอบของเซลล์และทำหน้าที่เป็นโมเลกุลส่งสัญญาณที่สำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ (โยษิตา, 2564) อนุมูลอิสระมีได้ทั้ง radicals และ non-radicals ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ reactive oxygen species (ROS) และ reactive nitrogen species (RNS) ในเซลล์นั้น ROS ถูกผลิตในการหายใจระดับเซลล์ของ mitochondrial respiratory chain อีกทั้ง ROS ยังเกิดจากแหล่งอื่น ๆ ได้แก่ โอโซน รังสีอัลตราไวโอเลต เมตาบอลิซึมของยา และสาร xenobiotics ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะถูกเร่งโดย NADPH oxidase, xanthine oxidase หรือ L-amino-acid-oxidase นอกจากนี้ ROS ยังถูกผลิตจากปฏิกิริยาอนุมูลอิสระที่ถูกเร่งโดยโลหะ เช่น fental reaction โดยอนุมูลอิสระจะถูกขับโดยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี วิตามินซี carotenoids flavonoids และเอนไซม์ เช่น peroxide dismutase (SOD), glutathione peroxide หรือ catalase ซึ่งจะเปลี่ยน reactive species ให้เป็น สารประกอบที่มีความเสถียรมากขึ้น (นุชจิรา, 2563)

Ref. code: 25676609034514RAK

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) คือ สารที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย ที่ทำให้เกิดการทำลายเซลล์ หรือเกิดการเปลี่ยนเซลล์ปกติเป็นเซลล์มะเร็งอาหาร ในร่างกายมีเอนไซม์บางชนิดที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (Superoxide dismutase, SOD) สามารถขจัดอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออน โดยเปลี่ยนเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (Glutathione peroxidase, GPx) ท างานร่วมกับธาตุซิลีเนียมและกลูตาไทโอน (GSH) โดยเร่งปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ได้แก่ ลิพิดเปอร์ออกไซด์ (ROOH) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำและกลูตาไธโอนไดซัลไฟด์ (GSSG) นอกจากนี้สามารถสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาเฟนตัน (โยษิตา, 2564) โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้ (1) primary antioxidant ซึ่งเป็น phenolic compound ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ในปฏิกิริยาของการออกซิเดชันไขมันทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน (2) oxygen scarvenger ได้แก่ วิตามินซีหรือ ascorbic acid โดยจะเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ช่วยลดออกซิเจนได้ (3) secondary antioxidant ได้แก่ thiopro-pionic acid ซึ่งช่วยสลาย lipid hydroperoxide (4) enzymatic antioxidant ได้แก่ เอนไซม์ superoxide dismutase (SODs), catalase (CAT) ช่วยกำจัดออกซิเจนและอนุพันธ์ออกซิเจน เช่น H_20_2 (5) metal chelating ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid), กรดอะมิโน (amino acid) ทำหน้าที่จับกับไอออนของโลหะ (metal ions) (อนงนาฎ, 2560)

ในการวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถทำได้หลายวิธี โดย กนกวรรณและนภัตสร (2567) ได้รวบรวมไว้ ดังนี้

2.5.6.1 Hydrogen peroxide scavenging activity

เป็นวิธีทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ สารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติที่มีอยู่ในสารสกัดจากพืชด้วยโดยวัดการลดลงของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ในระบบทดสอบที่มี H_2O_2 และ scavenger โดยวัดการกำจัด H_2O_2 ได้ด้วยการวัด UV ที่ความยาวคลื่น 230 นาโนเมตร โดยมักใช้สารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน คือ ascorbic acid, gallic acid และ tannic acid แต่ข้อเสียของวิธีนี้ คือ อาจเกิดการรบกวนจากสารทุติยภูมิที่มีอยู่ในพืชที่สามารถดูดซับ UV ในช่วงคลื่นความยาวเดียวกัน

2.5.6.2 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

เป็นวิธีที่วิเคราะห์ความสามารถของสารต้านออกซิเดชันในการเข้าจับและยับยั้งอนุมูลอิสระโดยการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) แล้ววัดความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ซึ่ง DPPH เป็นสารที่มีสีม่วงเมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้าน

Ref. code: 25676609034514RAK

ออกซิเดชันจะเกิดเป็น DPPH-H ซึ่งเป็นสารที่มีสีเหลือง และค่าการดูดกลืนแสงนั้นจะขึ้นกับปริมาณของ DPPH ที่เหลืออยู่หลังทำปฏิกิริยา

2.5.6.3 ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))

เป็นวิธีที่ใช้สารที่เป็นตัวกำเนิดอนุมูลอิสระมักจะใช้สารสารประกอบกลุ่มเอโซ เช่น 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ทำปฏิกิริยากับ potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) ทำให้เกิดอนุมูลอิสระประจุบวก ABTS•+ ซึ่งเป็นสารที่มีสีเขียวน้ำเงินและสามารถทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระได้สารประกอบไม่มีสี ในการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของ ABTS•+ ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อมรรัตน์ และคณะ (2565) ศึกษาผลของวัสดุดินผสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสำหรับการปลูกผักคะน้าในกระถาง โดยแต่ละสูตรการทดลองมีส่วนผสมของ กากกาแฟ มลูไก่ หน้าดิน ตะกอนชีวภาพ เปลือกเมล็ดกาแฟ ซึ่งแตกต่างกันตามอัตราส่วน อีกทั้งยังมีการเปรียบเทียบกับวัสดุดินผสมที่จำหน่ายในท้องตลาด พบว่า วัสดุดินผสม T1กากกาแฟ:มูลไก่:หน้าดิน อัตราส่วน 1:1:4 โดยปริมาตร ให้ความสูงต้น 10.73 เซนติเมตร จำนวนใบ 9.33 ใบต่อต้น ความกว้างพุ่ม29.50 เซนติเมตร และน้ำหนักสด 52.00 กรัมต่อต้น ดีที่สุด

ปิยาภัทร์ (2565) ศึกษาวัสดุเพาะเพื่อทดแทนการใช้พีทมอสในการเพาะกล้าผักสลัด โดยทำการเลือกวัสดุสำหรับนำมาผสมจำนวน 5 สิ่ง ได้แก่ พีทมอส ขุยมะพร้าว แกลบ แกลบดำ และปุ๋ยคอก ผลการทดลองพบว่า ผักสลัดที่เพาะด้วยแกลบดำผสมกับปุ๋ยคอกในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร มีเปอร์เซ็นต์การงอก ดัชนีการงอก และระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกดีที่สุด และต้นทุนถูกที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุดินผสมอื่น ๆ

ชัยภูมิ (2563) ศึกษาวัสดุดินผสมที่เหมาะสมต่อการปลูกผักลิ้นห่าน ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองปลูกกับวัสดุดินผสม 13 สูตร โดยใช้วัสดุและมูลสัตว์ได้แก่ ทรายทะเล แกลบดิบ ขุยมะพร้าว มูลไก่ มูลวัว มูลไส้เดือน มูลแพะ และมูลค้างคาว จากผลการศึกษาพบว่า วัสดุดินผสมทรายทะเล:ขุยมะพร้าว:มูลวัว อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ส่งเสริมให้ผักลิ้นห่านมีความสูงต้น จำนวนไหล ความยาวไหล จำนวนต้นต่อไหล จำนวนก่อต่อต้น และจำนวนใบสูงสุด เมื่อเทียบการการปลูกด้วยทรายทะเลเพียงอย่างเดียว

Ref. code: 25676609034514RAK

สิริวรรณ และคณะ (2567) ศึกษาผลของดินผสมจากผักตบชวาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบุ้งจีน โดยได้นำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมา 6 ชนิด ได้แก่ ดิน ขุยมะพร้าว แกลบดิบ มูลวัว มูลไก่ และผักตบชวา เมื่อทำการเก็บเกี่ยวที่ผักบุ้งอายุ 25 วัน พบว่า ดินผสมสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วย ดิน:ขุยมะพร้าว:มูลวัว:มูลไก่:ผักตบชวา อัตราส่วน 1:1:1:0.5:1 โดยปริมาตร ทำให้ผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงที่สุด ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 0.28 เซนติเมตร จำนวนใบ 12.65 ใบต่อต้น ความยาวใบ 18.45 เซนติเมตร น้ำหนักสดต้น 15.84 กรัมต่อต้น น้ำหนักสดราก 3.79 กรัมต่อต้น น้ำหนักแห้งต้น 1.40 กรัมต่อต้น และน้ำหนักแห้งราก 0.27 กรัมต่อต้น

ขจรยศ และ อรประภา (2563) ศึกษาผลของวัสดุดินผสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค โดยมีส่วนประกอบของวัตถุดิบในการทำวัสดุดินผสมที่แตกต่างกันประกอบด้วย ดินร่วน ขุยมะพร้าว แกลบดิบ มูลวัว มูลไก่ และมูลไส้เดือน อีกทั้งยังเปรียบเทียบกับดินผสมทางการค้า A B และ C จากผลการทดลอง พบว่า วัสดุดินผสมที่4 ดินร่วน:ขุยมะพร้าว:แกลบดิบ:มูลวัว:มูลไก่ อัตราส่วน 1:1:1:1:0.5 โดยปริมาตร ทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีน้ำหนักผลผลิตรวมทั้ง 3 รอบการเก็บเกี่ยว มากที่สุดเท่ากับ 587.9 กรัม

จตุพร (2567) ศึกษาผลของวัสดุดินผสมร่วมกับการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและผลผลิตของกัญชาสายพันธุ์หางกระรอก เตรียมวัสดุดินผสมโดยใช้ ดินผสมมูลวัว แกลบดำ และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 2:1:0.5:0.5 โดยปริมาตร ร่วมกับการจัดการปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ดังนี้ ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย (ควบคุม) ทรีตเมนต์ที่ 2 ใส่มูลวัว ทรีตเมนต์ที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยยูเรีย และทรีตเมนต์ที่ 4 ใส่มูลวัวร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยยูเรีย เมื่อปลูกครบ 8 สัปดาห์ พบว่า ทรีตเมนต์ที่มีการเจริญเติบโตสูงสุดทั้งความสูงต้น 265.75 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางต้น 2.14 เซนติเมตร จำนวนข้อ 41.50 ข้อ ซึ่งสูงกว่าทุกทรีตเมนต์ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังส่งผลต่อขนาดทรงพุ่ม 2.26 ตารางเมตร น้ำหนักสดรวม 1,027.28 กรัมต่อต้น และน้ำหนักแห้งรวม 447.47 กรัมต่อต้น สูงกว่าทุกทรีตเมนต์ ดังนั้นการใช้วัสดุดินผสมที่ประกอบด้วยดินผสมมูลวัว แกลบดำ และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 2:1:0.5:0.5 โดยปริมาตร ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยตลอดระยะเวลาปลูก

ประภัสสร (2567) ศึกษาผลของวัสดุดินผสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าใบหยิก เนื่องจากวัสดุดินผสมที่นำมาใช้ควรมีความร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดี และธาตุอาหารครบถ้วน วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผสมจึงมี ดังนี้ ดินร่วนปนทราย ขุยมะพร้าว แกลบดิบ มูลวัว และมูลสุกร เมื่อนำวัสดุเหล่านี้มาผสมกันที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า วัสดุดินผสม T2 ซึ่งมีส่วนประกอบของดินร่วนปนทราย:ขุยมะพร้าว:มูลวัว อัตราส่วน 1:1:2 โดยปริมาตร ทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูง ความกว้างพุ่ม จำนวนใบ ความกว้างความยาวใบ มากที่สุดเท่ากับ 10.13 เซนติเมตร 12.17 เซนติเมตร 14 ใบ

Ref. code: 25676609034514RAK

6.67 เซนติเมตร และ 8.83 เซนติเมตร ตามลำดับ อีกทั้งยังให้น้ำหนักสดต้นมากที่สุด เท่ากับ 31.58 กรัม

Blank et al. (2003) ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของต้นกล้าโหระพาแอฟริกัน (*Ocimum gratissimum*) บนวัสดุดินผสมหลายสูตร ได้แก่ มูลไส้เดือน ขุยมะพร้าวและมูลไส้เดือน อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ดินและมูลไส้เดือน 1:1 หรือ 1:2 โดยปริมาตร ดิน ขุยมะพร้าว และมูลไส้เดือน 1:1:1 โดยปริมาตร และดินที่ปรับสภาพด้วยหินปูน ขุยมะพร้าว และมูลไส้เดือน 1:1:11 โดยปริมาตร ผลการทดลองพบว่า มูลไส้เดือน ไม่ว่าจะใช้เดี่ยว หรือร่วมกับขุยมะพร้าว ส่งผลให้ต้นโหระพามีความสูง น้ำหนักแห้งของใบ ราก ส่วนเหนือดิน และน้ำหนักแห้งรวมต่อต้น สูงที่สุด และการปรับสภาพด้วยหินปูนไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นโหรพา

Salé et al. (2021) ศึกษาการงอกและการตั้งตัวของต้นกล้าโหระพาในสัดส่วนต่าง ๆ ของวัสดุดินผสมทางเลือกที่ประกอบด้วยแกลบดำและวัสดุดินผสมเชิงพาณิชย์ พบว่าความยาวของลำต้น วัสดุดินผสมที่มีวัสดุดินผสมเชิงพานิชย์และแกลบดำ สัดส่วน 2:3 โดยปริมาตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับวัสดุดินผสมอื่นๆ ส่วนวัสดุดินผสมที่ให้ผลการเจริญเติบโตของต้นกล้าดีที่สุด คือวัสดุดินผสมที่มีวัสดุดินผสมเชิงพานิชย์และแกลบดำ สัดส่วน 4:1 โดยปริมาณ ซึ่งให้คุณภาพของต้นกล้าดีกว่าสูตรอื่น

Yilmaz et al. (2023) ศึกษาผลของการใช้ไบโอชาร์ต่อการเจริญเติบโต ปริมาณธาตุอาหาร และคุณสมบัติเชิงชีวเคมีบางประการของโหระพา โดยไบโอชาร์ที่ใช้ในการทดลองมาจากชีวมวลสองชนิด ได้แก่ แกลบข้าวและเศษเหลือจากการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศ ซึ่งถูกนำมาใช้ในอัตรา 2 เปอร์เซ็นต์ โดยผสมลงในวัสดุดินผสมที่ประกอบด้วยดินและพีทในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งให้วัสดุดินผสมที่ไม่มีการเติมไบโอชาร์เป็นชุดควบคุม จากผลการศึกษา พบว่า ไบโอชาร์จากแกลบข้าว ช่วยเพิ่มความสูงของต้น น้ำหนักรวมของลำต้น และน้ำหนักของใบได้อย่างมีนัยสำคัญ มีค่าเท่ากับ 19.2 เซนติเมตร 21.4 กรัม และ 12.5 กรัม อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณธาตุโพแทสเซียมในวัสดุดินผสม ในด้านสารสำคัญของโหระพา พบว่า ไบโอชาร์จากแกลบข้าว ไม่ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิกรวม แต่ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 33.89 ไมโครโมลโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักสด

Basavaraju et al. (2012) ศึกษาผลของการจัดการธาตุอาหารแบบผสมผสานที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกะเพราที่ปลูกร่วมภายใต้ร่มมะพร้าว โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน และกาบมะพร้าวหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมี NPK สูตร 120-80-60 พบว่าการใช้ปุ๋ยคอก 10 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับปุ๋ยเคมี NPK สูตร 120-80-60 1 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้ความสูงของต้น จำนวนกิ่ง และจำนวนใบของกะเพรามีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 86.4 เซนติเมตร 53.3 กิ่งต่อต้น และ 829.6 ใบ ตามลำดับ อีกทั้งยังให้น้ำหนักสดรวมทั้ง 3 รอบการเก็บเกี่ยวสูงสุดเท่ากับ 14,390 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

Ref. code: 25676609034514RAK

Asgharipour and Rafiei (2011) ศึกษาผลของการใช้วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดร่วมกับภาวะแห้งแล้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของโหระพาในโรงเรือน วัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก มูลไส้เดือน มูลสัตว์ ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ย NPK สูตร 130-95-95 พบว่า ปุ๋ยหมักช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตด้าน จำนวนกิ่ง จำนวนใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 4.4 กิ่งต่อต้น 10.1 ใบต่อต้น 135 ตารางเซนติเมตร และ 19 กรัม ตามลำดับขณะที่มูลสัตว์ช่วยเพิ่มน้ำหนักสดและจำนวนกิ่ง มีค่าเท่ากับ 59 กรัม และ 4.3 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ

Gunda et al. (2022) ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของโหระพา ปุ๋ยอินทรีย์ที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยมูลไส้เดือน ปุ๋ยคอก และฟิวเตอร์สะเดา โดยเก็บผลทุก 30 60 90 และ 120 วันหลังปลูก พบว่า การผสมผสานระหว่างปุ๋ยมูลไส้เดือน 750 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ปุ๋ยมูลสัตว์ภายในฟาร์ม 3.75 ตันต่อเฮกตาร์ และฟิวเตอร์สะเดา 375 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้ความสูงของต้น 92.89 เซนติเมตร จำนวนใบ 980.67 ใบต่อต้น พื้นที่ใบ 4,268.67 ตารางเซนติเมตร และผลผลิตสด 13,215 ต่อเฮกตาร์

Huang et al. (2018) ศึกษาผลของปุ๋ยหมักมูลไก่และปริมาณไบโอชาร์ในระดับสูงต่อการเจริญเติบโตของโหระพาในกระถาง โดยกำหนดให้ทรีตเมนต์ที่ 1 (ปุ๋ยหมักมูลไก่ 5 เปอร์เซ็นต์: ไบโอชาร์ 50 เปอร์เซ็นต์) ทรีตเมนต์ที่ 2 (ปุ๋ยหมักมูลไก่ 5 เปอร์เซ็นต์:ไบโอชาร์ 70 เปอร์เซ็นต์) และทรีตเมนต์ที่ 3 (ปุ๋ยหมักมูลไก่ 5 เปอร์เซ็นต์:ไบโอชาร์ 90 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งปริมาณที่เหลือเติมวัสดุดินผสมเชิงพาณิชย์ซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม พบว่า วัสดุดินผสมซึ่งมีส่วนผสมของปุ๋ยหมักมูลไก่ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับไบโอชาร์ ในสัดส่วน 50 70 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคล้ายคลึงกับกลุ่มควบคุมที่ใช้วัสดุดินผสมเชิงพาณิชย์ ในช่วง 2 และ 3 สัปดาห์หลังปลูก

ดังนั้นจาการศึกษารวบรวมวัสดุดินผสมในการปลูกพืชตระกูล *Ocimum* พบว่ามีการใช้วัสดุอินทรีย์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช ซึ่งวัสดุอินทรีย์ที่ใช้มักราคาถูก หาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีสมบัติทางกายภาพที่ดี โดยวัสดุที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าว แกลบดำ แกลบดิบ กากตะกอน และ พีทมอส ขณะที่เลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์หลากหลายชนิด ได้แก่ มูลไก่ มูลวัว มูลไส้เดือน และมูลสุกร อีกทั้งยังมีการผสมผสานระหว่างปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

Ref. code: 25676609034514RAK

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ 6 วัสดุดินผสม แต่ละวัสดุดินผสมมีรายละเอียดดังนี้

วัสดุดินผสม T1 ดินการค้า (Control)

วัสดุดินผสม T2 หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1:2 โดยปริมาตร

วัสดุดินผสม T3 หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1.5:1.5:2 โดยปริมาตร

วัสดุดินผสม T4 หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1.5:1.5:2 โดยปริมาตร

วัสดุดินผสม T5 หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ: มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่ สัดส่วน 3:2:1.5:1.5:1:1 โดยปริมาตร

วัสดุดินผสม T6 การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

3.2 การปลูกและการดูแลรักษา

3.2.1 การเตรียมมูลไก่

มูลไก่เก่าและมูลไก่ใหม่เป็นมูลไก่ไข่ที่เลี้ยงระบบเปิด โดยมูลไก่เก่าเกิดจากมูลไก่ไข่ที่หมักเป็นเวลา 1 ปี ขณะที่มูลไก่ใหม่เกิดจากมูลไก่ที่หมักเป็นเวลา 3 เดือน แล้วจึงเก็บนำมาใช้

3.2.2 การเตรียมวัสดุดินผสม

เตรียมวัสดุของแต่ละวัสดุดินผสมตามสัดส่วนต่างๆ (โดยปริมาตร) ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำวัสดุดินผสมที่ผ่านการผสมแล้วบรรจุลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร (10 นิ้ว) โดยมีกาบมะพร้าวสับรองก้นกระถาง สูงประมาณ 2.00 เซนติเมตร และให้วัสดุดินผสมห่างจากปากกระถาง 2.50 เซนติเมตร จัดวางกระถางปลูกตามแผนการทดลอง ซึ่งแต่ละกระถางมีจานรองก้นกระถาง วางทิ้งไว้ภายในโรงเรือนเป็นระยะเวลา 1 เดือน

Ref. code: 25676609034514RAK

3.2.3 การเตรียมสภาพแวดล้อมโรงเรือน

ควบคุมให้อุณหภูมิ 26-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-85 เปอร์เซ็นต์ และเปิดพลางแสงในช่วง 1-2 สัปดาห์แรกที่เริ่มปลูก

3.2.4 การเตรียมต้นกล้าและการปลูก

เพาะกล้ากะเพราลูกผสมสายพันธุ์ OC180-A ในถาดเพาะเมล็ดขนาดกว้าง 28 เซนติเมตร ยาว 54.50 เซนติเมตร จำนวน 105 หลุม บรรจุวัสดุเพาะ ได้แก่ ขุยมะพร้าว:มูลไส้เดือน อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร เพาะเมล็ดในถาดเพาะหลุมละ 2 เมล็ด รดน้ำให้ชุ่มทุกวันวันละ 2 ครั้ง เมื่อเมล็ดงอกเลือกต้นที่สมบูรณ์โดยถอนให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม สำหรับการย้ายปลูกต้นกล้าที่มีอายุ 30 วันหลังงอก และมีขนาดต้นสม่ำเสมอ โดยปลูกลงกระถางที่บรรจุวัสดุดินผสมตามข้อ 3.1 ซึ่งปลูก 1 ต้นต่อกระถาง

3.2.5 การดูแลรักษา

ให้น้ำวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ด้วยระบบน้ำหยดในอัตราที่เท่ากัน เปิดพัดลมเพื่อลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนตั้งแต่เวลา 10.00-16.00 น. และเปิดระบบพ่นหมอกตั้งแต่เวลา 10.00 น. ทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 10 นาที ตั้งแต่ย้ายปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต กำจัดวัชพืชหรือแมลงศัตรูพืชโดยวิธีกลหรือฉีดพ่นสารสกัดจากธรรมชาติ และเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตกะเพราะที่มีอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก เก็บเกี่ยวโดยการตัดลำต้นเหนือดิน 15 เซนติเมตร โดยวัสดุดินผสม T1-T5 จะไม่มีการเติมปุ๋ยระหว่างการปลูกตลอดจนถึง 180 วันหลังปลูก และในวัสดุดินผสม T6 มีการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตราส่วน 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกครั้งหลังการเก็บเกี่ยวที่อายุ 30-180 วันหลังย้ายปลูก

3.3 การบันทึกผล

3.3.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุดินผสม

3.3.1.1 ความหนาแน่นรวม

ดัดแปลงจากวิธี Handreck and Black (1994) โดยชั่งกระบอกหรือภาชนะเปล่า (m1) จากนั้นบรรจุวัสดุดินผสมลงไปจนถึงระดับสูงสุดของกระบอก เคาะกระบอกจากความสูง 50 มิลลิเมตร จำนวน 5 ครั้ง จะได้วัสดุดินผสมมีปริมาตรที่ทราบแน่นอน (V) และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของวัสดุดินผสมนั้นมีหน่วยเป็นกรัม (m2) และนำไปคำนวณหาความหนาแน่นรวมจากสมการ

ความหนาแน่นรวมวัสดุดินผสม = (m2-m1) / V (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

โดย m1 คือ น้ำหนักกระบอกเก็บตัวอย่าง (กรัม)

Ref. code: 25676609034514RAK

m2 คือ น้ำหนักตัวอย่างและกระบอกที่ผ่านการอบแห้ง (กรัม)

V คือ ปริมาตรของกระบอกเก็บตัวอย่าง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.3.1.2 ความพรุน

ดัดแปลงจากวิธี Handreck and Black (1994) นำภาชนะที่มีขนาดเดียวกันกับข้อ 1 บรรจุวัสดุดินผสมให้แน่นพอสมควร จากนั้นเทน้ำจากกระบอกตวงที่ทราบปริมาตรลงไปจนทำให้วัสดุตัวอย่างอิ่มตัว นำไปชั่งน้ำหนัก (m2) โดยขณะนี้ช่องว่างทั้งหมดจะถูกแทนที่ด้วยน้ำ ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำที่ถูกดูดเข้าไปจนอิ่มตัวจะมีค่าเท่ากับปริมาตรของช่องว่างทั้งหมดหรือความพรุนรวมทั้งหมด (total porosity) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

ความพรุนของวัสดุดินผสม = [(m3-m2) / V] x 100 (เปอร์เซ็นต์)

โดย m2 คือ น้ำหนักตัวอย่างและกระบอกที่ผ่านการอบแห้ง (กรัม)

m3 คือ น้ำหนักตัวอย่างและกระบอกที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (กรัม)

V คือ ปริมาตรของกระบอกเก็บตัวอย่าง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.3.2 สมบัติทางเคมีของวัสดุดินผสม (AOAC, 2023)

เก็บตัวอย่างทั้ง 6 วัสดุดินผสมก่อนและหลังปลูกนำมาตากแห้งหรืออบ บดให้ละเอียดและร่อนผ่านตระแกรงขนาด 0.05 มิลลิเมตร บรรจุใส่ถุงปิดสนิทเพื่อนำไปวิเคราะห์ ดังนี้

3.3.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

วิเคราะห์โดยวิธี Electrometric method ในอัตราส่วนวัสดุ:น้ำ เท่ากับ 1:10 และวัดค่าด้วยเครื่อง pH/EC meters

3.3.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ

ชั่งตัวอย่างวัสดุดินผสม 1 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม 1 N $K_2Cr_2O_7$ 20 มิลลิลิตร เติม conc. H_2SO_4 20 มิลลิลิตร แกว่งขวดเบาๆ ให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที (แต่หากสังเกตเห็น suspension มีสีส้ม แสดงว่ามีอินทรียวัตถุน้อย ให้เพิ่มตัวอย่างดิน 1-2 กรัม และตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที) เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร หยด ferroin indicator 5 หยด แกว่งขวดให้เข้ากัน นำไปไตเตรดด้วย 0.5 N $Fe(NH_4)_2SO_4$ เมื่อถึง ending point สีของ suspension จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง บันทึกปริมาณ 0.5 N $Fe(NH_4)_2SO_4$ ที่ใช้ในการไตรเตรต แล้วนำไปคำนวนตามสูตรดังนี้

$$\% \text{ organic carbon} = [(V1N1 - V2N2) \times f \times 100 \times 0.003] / m$$

$$\% \text{ organic matter} = \% \text{ organic carbon} \times 1.724$$

โดย V1 = ปริมาณของ $K_2Cr_2O_7$ (มิลลิลิตร) V2 = ปริมาณของ $FeSO_4$ (มิลลิลิตร)

N1 = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ (N) N2 = ความเข้มข้นของ $FeSO_4$ (N)

f = correction factor = 1.33 m = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

Ref. code: 25676609034514RAK

3.3.2.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุดินผสม

วิเคราะห์ด้วยวิธี Kjedahl method มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

การย่อย (digestion) ชั่งตัวอย่างดิน 1 กรัม ใส่ Digest tube เติม Catalyst mixer (อัตราส่วน K_2SO_4:$CuSO_4$•$5H_2O$ เท่ากับ 9:1 โดยปริมาตร ยี่ห้อ KJELBLET /COPPPER for protein analysis บริษัท OSKON CO., Ltd) 2 เม็ด จากนั้นเติม H_2SO_4 เข้มข้น 25 มิลลิลิตร และนำหลอดตัวอย่างที่ใส่สารแล้ว ตั้งบน Digester block โดยเริ่มที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการปรับอุณหภูมิให้เป็น 350 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้นานประมาณ 3 ชั่วโมง หรือจนกว่าสารละลายจะใส หลังจากนั้น ตั้งหลอดตัวอย่างทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเพื่อรอการกลั่นต่อไป

การกลั่น (distillation) นำหลอดตัวอย่างเข้าเครื่องกลั่นโดยให้ปลายด้านหนึ่งของ Condenser จุ่มใน 4% Boric acid (H_3BO_3) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ที่เติม Indicator 2 หยด จากนั้นเติม 40 เปอร์เซ็นต์ Sodium hydroxide (NaOH) ลงในตัวอย่าง หลอดละประมาณ 20-40 มิลลิลิตร หรือจนกว่าสารละลายในหลอดตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม จากนั้นกลั่นจนได้ Ammonia (NH_3) ออกมาด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน ใช้เวลาประมาณ 6 นาที

การไตเตรท (titration) นำตัวอย่างที่กลั่นได้มาไตเตรทกับ Standard 0.1 N H_2SO_4 และบันทึกปริมาณของ Standard 0.1 N H_2SO_4 และนำไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนต่อไป การคำนวณตามสมการดังนี้

$$N\ (\%) = \frac{(\text{มิลลิลิตร } H_2SO_4 - \text{มิลลิลิตร Blank}) \times Y \times 0.014 \times 100}{W\ (g)}$$

เมื่อ Y คือ ค่า Normality ของ H_2SO_4 ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\text{Normality} = \frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \times 1{,}000}{\text{ปริมาตรของ } H_2SO_4 \times \text{สมมูลย์ของ } Na_2CO_3}$$

3.3.2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในวัสดุดินผสม

ชั่งตัวอย่างบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร 1 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงใน digestion tube เติมกรดผสม ไนตริกเข้มข้น และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ย่อยตัวอย่างโดยใช้เครื่อง KjelDigester (รุ่น K-449, BUCHI, Switzerland) ปรับอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส ย่อยตัวอย่างประมาณ 1-2 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวอย่างเป็นสารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร บรรจุใส่ขวดพลาสติกเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การทำกราฟมาตรฐาน (standard curve) โดยเตรียม Standard phosphate solution ให้มีความเข้มข้น 50 ppm จากนั้นดูด Standard phosphate solution

Ref. code: 25676609034514RAK

50 ppm ปริมาตร 0, 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร ลงใน Volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เพื่อเตรียม Standard phosphate 6 ระดับ คือ 0, 2, 4, 6 และ 8 ppm หลังจากนั้นเติม น้ำยาที่ทำให้เกิดสี Ammonium vanadomolybdate 5 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเท่ากับ 25 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดโดยสมบูรณ์ แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย Spectrophotometer ที่ 420 นาโนเมตร บันทึกค่า absorbance ของแต่ละความเข้มข้น นำข้อมูลนี้สร้างกราฟมาตรฐานเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับตัวอย่างต่อไป

การวิเคราะห์ (analysis) โดยดูดสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำยาที่ทำให้เกิดสี Ammonium vanadomolybdate 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้เท่ากับ 25 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดโดยสมบูรณ์ แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย Spectrophotometer ที่ 420 นาโนเมตร ทำการบันทึกค่า absorbance คำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเทียบกับ Standard curve

การคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\text{Total P (\%)} = \frac{\text{ppm จาก standard curve} \times \text{ปริมาตรสารละลายตัวอย่างเริ่มต้น (มิลลิลิตร)} \times \text{d.f.} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง (กรัม)} \times 10^6}$$

โดย d.f. คือ dilution factor เช่น 25/5

3.3.2.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในวัสดุดินผสม

ชั่งตัวอย่างบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร 1 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงใน digestion tube เติมกรดผสม ไนตริกเข้มข้น และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ย่อยตัวอย่างโดยใช้เครื่อง KjelDigester (รุ่น K-449, BUCHI, Switzerland) ปรับอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส ย่อยตัวอย่างประมาณ 1-2 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวอย่างเป็นสารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร บรรจุใส่ขวดพลาสติกเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมที่ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Flame spectrophotometer โดยให้เครื่องอ่านค่าของสารละลายมาตรฐานที่ไม่มีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ให้เป็นศูนย์ แล้วจึงวัดสารละลายมาตรฐานตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น

การวัดโพแทสเซียมทั้งหมดจากสารละลายตัวอย่าง ทำโดยเจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:100 โดยปริมาตร วัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายตัวอย่าง

Ref. code: 25676609034514RAK

คำนวณปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดได้จากสมการ

$$\text{Total K (\%)} = \frac{\text{ppm ที่อ่านจากเครื่อง} \times \text{ปริมาตรสารละลายตัวอย่างเริ่มต้น (มิลลิลิตร)} \times \text{d.f.} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง (กรัม)} \times 10^6}$$

โดย d.f. คือ dilution factor เช่น 10/1

3.3.3 การเจริญเติบโตของกะเพราและปริมาณผลผลิต

3.3.3.1 การเจริญเติบโต

บันทึกผลเมื่อกะเพราะมีอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังปลูก โดยบันทึกข้อมูล ดังนี้ ความสูงของต้นกะเพรา (เซนติเมตร) ใช้ไม้บรรทัดวัดจากโคนต้นถึงปลายยอด ความกว้างพุ่ม (เซนติเมตร) ใช้ไม้บรรทัดวัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของพุ่ม จำนวนกิ่ง (กิ่งต่อต้น) นับทุกกิ่งบนลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร) ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดบริเวณข้อจริงคู่ที่ 3 นับจากโคนของลำต้น ความกว้างและความยาวใบ (เซนติเมตร) สุ่มเลือกใบที่กางเต็มที่โดยใช้ไม้บรรทัดวัด พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) สุ่มเลือกใบที่กางเต็มที่จำนวน 5 ใบโดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ใบ (รุ่น CI-202, CID, USA) เมื่อกะเพราอายุ 180 วัน ถอดต้นกะเพรา ล้างทำความสะอาดราก วัดความยาวราก (เซนติเมตร) ใช้ไม้บรรทัดวัดจากโคนรากถึงปลายราก ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งราก (กรัม) สำหรับน้ำหนักแห้ง ทำการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่

3.3.3.2 ปริมาณผลผลิต

เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อกะเพรามีอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ใช้กรรไกรตัดเหนือจากโคนต้น 15 เซนติเมตร โดยผลผลิตที่ได้จะนำมาตัดแต่งคัดแยกดอกและใบเสียทิ้ง ก่อนนำมาชั่งหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (กรัม) สำหรับน้ำหนักแห้ง ทำการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ และบันทึกผล

3.3.4 คุณภาพผลผลิต

3.3.4.1 ค่าความเขียวใบ (SPAD)

ค่าความเขียวของใบ (SPAD) ใช้เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (รุ่น SPAD-502Plus, Konica Minolta) วัดใบกะเพราที่ตำแหน่งใบคู่ที่ 3 นับจากยอด

3.3.4.2 การวิเคราะห์รงควัตถุ

ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอย ทำการสกัดตัวอย่างพืชสดด้วยวิธีดัดแปลงจาก Nagata and Yamashita (1992) โดยนำใบกะเพราสดประมาณ 10 กรัม ทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็งด้วยไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียดด้วยโกร่ง ใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุ 80 เปอร์เซ็นต์ Acetone ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

Ref. code: 25676609034514RAK

จากนั้นสกัดในที่มืดเป็นเวลา 60 นาที และนำตัวอย่างสารละลายมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำสารละลายใสที่สกัดได้มาวิเคราะห์ค่าดังต่อไปนี้

นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (รุ่น 6850, Jenway) ที่ความยาวคลื่น 470, 645 และ 663 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปแทนค่าในสมการเพื่อคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ มีหน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (µg/g FW) ดังนี้

Chlorophyll a = [(12.7A663 – 2.69A645) x V] / (1,000 x W)

Chlorophyll b = [(22.90A645 – 4.68A663) x V] / (1,000 x W)

Total chlorophyll (a+b) = [(20.20A645 + 8.02A663) x V] / (1,000 x W)

Carotenoind = [((1000 x A470) – (3.27 x Chl a) – (104 x Chl b))/229] x (V/1000 W)

โดย A663 = ค่าที่อ่านได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ 663

A645 = ค่าที่อ่านได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ 645

A470 = ค่าที่อ่านได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ 470

V = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายที่ใช้ในการสกัดคลอโรฟิลล์

W = น้ำหนักสดของพืชที่ใช้ในการสกัด

3.3.4.3 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

เตรียมสารสกัด โดยสกัดตัวอย่างตามวิธีการของ Chutimanukul et al. (2022) ชั่งตัวอย่างแห้ง 10 มิลลิกรัม เติมตัวทำละลาย 1 เปอร์เซ็นต์ HCl ในเมทานอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าและทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นดูดสารละลายใสส่วนบนปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาปริมาณสารทุติยภูมิ ดังนี้

(1) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric ตามวิธีการของ Chutimanukul et al. (2022) ปิเปตสารสกัด 200 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ขนาด 2 มิลลิลิตร เติม 1N Folin 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixture และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที ทิ้งไว้ 15 นาที เติม 7.5 เปอร์เซ็นต์ Na_2CO_3 600 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixture และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที แล้วจึงเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader (รุ่น EnVision XCite 2105, EnVision) และหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยใช้กรดแกลลิกเป็นมาตรฐาน และรายงานในรูปมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg GAE/g of DW)

Ref. code: 25676609034514RAK

(2) การวิเคราะห์ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

วิเคราะห์ด้วยวิธี Colorimetric method ตามวิธีการของ Chutimanukul et al. (2022) ปิเปตสารสกัด 350 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 2 มิลลิลิตร เติม 5% $NaNO_2$ ปริมาตร 75 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที และเติม 10 เปอร์เซ็นต์ $AlCl_3$ ปริมาตร 75 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติม 1 M NaOH ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที ทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader และหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยใช้รูตินเป็นมาตรฐาน และรายงานเป็นมิลลิกรัมสมมูลของรูตินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg RE/g of DW)

(3) การวิเคราะห์แอนโทไซยานินทั้งหมด

ตามวิธีการของ Chutimanukul et al. (2022) นำตัวอย่างกะเพราที่อบแห้งมาบดให้ละเอียดแล้วชั่งใส่หลอด 50 มิลลิกรัม เติมสารละลาย 1 เปอร์เซ็นต์ HCl ใน methanol 600 ไมโครลิตร เขย่าและทิ้งไว้ 3 ชั่วโมงในที่มืด เมื่อครบระยะเวลากำหนดเติมน้ำ DI 400 ไมโครลิตร เขย่าและทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติม Cholroform 400 ไมโครลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 15 นาที นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยง 12,000 รอบต่อนาที 5 นาที เสร็จแล้วนำไปวิเคราะห์การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร และ 657 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง microplate reader รายงานเป็นไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg/g of DW) คำนวณจากสูตร

$$\text{Anthocyanin (mg/g of DW)} = [(A_{530} - 0.33) - A_{657}]$$

เมื่อ A_{530} คือ absorbance of sample

A_{657} คือ absorbance of sample

(4) การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity (DPPH) ตามวิธีการของ Chutimanukul et al. (2022) ปิเปตสารสกัด 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย 0.1 มิลลิโมลาร์ DPPH 900 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex mixture และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นจึงนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader คำนวณหา % inhibition จากสูตร

$$\% \text{ inhibition} = [(A_{\text{control}} - A_{515})/A_{\text{control}}] \times 100$$

เมื่อ A_{control} คือ absorbance of control

A_{515} คือ absorbance of sample

Ref. code: 25676609034514RAK

3.3.4.3 ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช (AOAC, 2020) ดังนี้

(1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N)

วิเคราะห์ด้วยวิธี Kjedahl method มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

การย่อย (digestion) ชั่งตัวอย่างพืช 1 กรัม ใส่ Digest tube เติม Catalyst mixer (อัตราส่วน K_2SO_4:$CuSO_4$•$5H_2O$ เท่ากับ 9:1 ยี่ห้อ KJELBLET /COPPPER for protein analysis บริษัท OSKON CO., Ltd) 2 เม็ด จากนั้นเติม H_2SO_4 เข้มข้น 25 มิลลิลิตร และนำหลอดตัวอย่างที่ใส่สารแล้ว ตั้งบน Digester block โดยเริ่มที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการปรับอุณหภูมิให้เป็น 350 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้นานประมาณ 3 ชั่วโมง หรือจนกว่าสารละลายจะใส หลังจากนั้น ตั้งหลอดตัวอย่างทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเพื่อรอการกลั่นต่อไป

การกลั่น (distillation) นำหลอดตัวอย่างเข้าเครื่องกลั่นโดยให้ปลายด้านหนึ่งของ Condenser จุ่มใน 4 เปอร์เซ็นต์ Boric acid (H_3BO_3) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ที่เติม Indicator 2 หยด จากนั้นเติม 40 เปอร์เซ็นต์ Sodium hydroxide (NaOH) ลงในตัวอย่าง หลอดละประมาณ 20-40 มิลลิลิตร หรือจนกว่าสารละลายในหลอดตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม จากนั้นกลั่นจนได้ Ammonia (NH_3) ออกมาด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน ใช้เวลาประมาณ 6 นาที

การไตเตรท (titration) นำตัวอย่างที่กลั่นได้มาไตเตรทกับ Standard 0.1 N H_2SO_4 และบันทึกปริมาณของ Standard 0.1 N H_2SO_4 และนำไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนต่อไป การคำนวณตามสมการดังนี้

$$N\ (\%) = \frac{(\text{มิลลิลิตร } H_2SO_4 - \text{มิลลิลิตร Blank}) \times Y \times 0.014 \times 100}{W\ (g)}$$

เมื่อ Y คือ ค่า Normality ของ H_2SO_4 ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\text{Normality} = \frac{\text{น้ำหนักของ } Na_2CO_3 \times 1{,}000}{\text{ปริมาตรของ } H_2SO_4 \times \text{สมมูลย์ของ } Na_2CO_3}$$

3.3.2.4

(2) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P)

ชั่งตัวอย่างบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ปริมาณ 1 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปย่อยตัวอย่างในตู้ดูดควันที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส โดยปิดขวดแก้วรูปชมพู่ด้วยกระจกนาฬิกา เมื่อควันสีน้ำตาลเริ่มหมดไป ปรับอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส ย่อยตัวอย่างประมาณ 3-4 ชั่วโมง หรือ จนกว่าตัวอย่างเป็นสารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร และบรรจุใสขวดพลาสติกเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

Ref. code: 25676609034514RAK

เริ่มจากการเตรียม Standard phosphate solution ให้มีความเข้มข้น 50 ppm จากนั้นดูด Standard phosphate solution 50 ppm ปริมาตร 0, 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร ลงใน Volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เพื่อเตรียม Standard phosphate 6 ระดับ คือ 0, 2, 4, 6 และ 8 ppm หลังจากนั้นเติม น้ำยาที่ทำให้เกิดสี Ammonium vanadomolybdate 5 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเท่ากับ 25 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดโดยสมบูรณ์ แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย Spectrophotometer ที่ 420 นาโนเมตร ทำการบันทึกค่า absorbance ของแต่ละความเข้มข้น นำไปข้อมูลนี้สร้างกราฟมาตรฐานเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับตัวอย่างต่อไป

ทำได้โดยดูดสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำยาที่ทำให้เกิดสี Ammonium vanadomolybdate 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้เท่ากับ 25 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดโดยสมบูรณ์ แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย Spectrophotometer ที่ 420 นาโนเมตร ทำการบันทึกค่า absorbance คำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเทียบกับ Standard curve

$$\text{Total P (\%)} = \frac{\text{ppm จาก standard curve x ปริมาตรสารละลายตัวอย่างเริ่มต้น (มิลลิลิตร) x d.f. x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง (g) x 106}}$$

โดย d.f. คือ dilution factor เช่น 25/5

(3) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K)

ชั่งตัวอย่างบดละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร 1 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงใน digestion tube เติมกรดผสม ไนตริกเข้มข้น และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น อัตราส่วน 2:1 ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ย่อยตัวอย่างโดยใช้เครื่อง KjelDigester (รุ่น K-449, BUCHI, Switzerland) ปรับอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส ย่อยตัวอย่างประมาณ 1-2 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวอย่างเป็นสารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร บรรจุใส่ขวดพลาสติกเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมที่ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Flame spectrophotometer โดยให้เครื่องอ่านค่าของสารละลายมาตรฐานที่ไม่มีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ให้เป็นศูนย์ แล้วจึงวัดสารละลายมาตรฐานตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น นำค่าที่ได้ทำกราฟ standard curve

การวัดโพแทสเซียมทั้งหมดจากสารละลายตัวอย่าง ทำโดยเจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นอัตราส่วน 1:100 โดยปริมาตร วัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายตัวอย่างด้วยเครื่อง Flame

Ref. code: 25676609034514RAK

spectrophotometer หากค่าที่อ่านได้มีค่าเกิน standard ต้องทำการเจือจางเพิ่มให้เหมาะสม หลังจากนั้นจึงนำมาคำนวนหาปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายตัวอย่างทั้งหมดเปรียบกับ standard curve ดังนี้

คำนวณปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดได้จากสมการ

$$\text{Total K (\%)} = \frac{\text{ppm ที่ได้จากเครื่อง} \times \text{ปริมาตรสารละลายตัวอย่างเริ่มต้น (มิลลิลิตร)} \times \text{d.f.} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง (g)} \times 10^6}$$

โดย d.f. คือ dilution factor เช่น 10/1

3.4 ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

วิเคราะห์ต้นทุน ประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ (ชุดกะถางและจานรอง และต้นกล้า) และต้นทุนผันแปร (วัสดุดินผสมและปุ๋ย) และรายได้ของการผลิตกะเพราในแต่ละวัสดุดินผสม ซึ่งคำนวณจากปริมาณผลผลิตแต่ละวัสดุดินผสมกับราคาขาย หลังจากนั้นนำมาประเมินต้นทุนและกำไรของกะเพราแต่ละวัสดุดินผสม

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan’s multiple rage test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และโรงเรือนอัจฉริยะของสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

3.7 ระยะเวลาในการทดลอง

ทำการทดลองตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2567-มิถุนายน พ.ศ. 2567 รวมระยะเวลา 7 เดือน

Ref. code: 25676609034514RAK

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุดินผสมก่อนปลูก

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพบางประการของวัสดุดินผสมสูตรต่างๆ ทั้ง 6 วัสดุดินผสม (ตารางที่ 4.1) พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวัสดุดินผสม T2 และ T6 มีค่าความหนาแน่นรวมมาก เท่ากับ 0.81 และ 1.22 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในขณะที่วัสดุดินผสม T1 มีค่าความหนาแน่นรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 0.73 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับความพรุนรวมของวัสดุดินผสม พบว่า วัสดุดินผสม T4 มีความพรุนมากที่สุด เท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ และ วัสดุดินผสม T3 ให้ค่าความพรุนรวมรองลงมามีค่า เท่ากับ 64.79 เปอร์เซ็นต์ และ วัสดุดินผสม T6 มีค่าความพรุนน้อยที่สุดเท่ากับ 30.86 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.1 ความหนาแน่นและความพรุนรวม ของวัสดุดินผสมแต่ละชนิด

วัสดุดินผสม	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ความพรุนรวม (เปอร์เซ็นต์)
T1	0.72 ± 0.02 d[1/]	60.18 ± 0.06 d
T2	0.81 ± 0.01 ab	62.31 ± 0.17 c
T3	0.83 ± 0.02 b	64.79 ± 0.81 b
T4	0.78 ± 0.02 c	70.98 ± 0.89 a
T5	0.78 ± 0.02 c	40.64 ± 0.57 e
T6	1.22 ± 0.03 a	30.86 ± 0.59 f
F-test	**	**
C.V. (%)	2.47	1.07

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.2 สมบัติทางเคมีของวัสดุดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูก

4.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter; OM) และ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

วิเคราะห์ค่าของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ก่อนและหลังปลูก พบว่า ก่อนปลูกวัสดุดินผสม T1 และ วัสดุดินผสม T2 มีค่า 7.42 และ 7.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วัสดุดินผสม T3 T4 และ T5 มีค่าอยู่ในช่วง 8.41-8.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และวัสดุดินผสม T6 มีค่าเท่ากับ 4.42 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองจะเห็นได้ว่าวัสดุดินผสมแต่ละชนิดมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยวัสดุดินผสม T1 มีค่า pH มากที่สุดเท่ากับ 8.07 ขณะทีวัสดุดินผสม T2 T3 T4 และ T5 มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.45-7.77 และวัสดุดินผสม T6 มีค่า pH ต่ำสุด เท่ากับ 4.76 (ตารางที่ 4.2) ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) ของวัสดุดินผสมต่างๆ ก่อนปลูก จาก (ตารางที่ 4.2) อยู่ในช่วง 0.51-2.49 ไมโครซีเมนส์ต่อเมตร โดยวัสดุดินผสม T2 มีค่า EC มากที่สุด เท่ากับ 2.49 ไมโครซีเมนส์ต่อเมตร ต่างจากวัสดุดินผสม T6 ที่พบว่ามีค่า EC ต่ำสุด เท่ากับ 0.51 ไมโครซีเมนส์ต่อเมตร ขณะที่วัสดุดินผสมหลังปลูก อยู่ในช่วง 0.51-1.56 ไมโครซีเมนส์ต่อเมตร โดยวัสดุดินผสม T2 มีค่า EC มากที่สุด 1.56 ไมโครซีเมนส์ต่อเมตร และ วัสดุดินผสม T1 มีค่า EC ต่ำสุด เท่ากับ 0.51 ไมโครซีเมนส์ต่อเมตร

ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter; OM) ก่อนปลูกของวัสดุดินผสม T1 T3 T4 และ T5 พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 15.42 17.14 16.28 และ 17.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมา ได้แก่ วัสดุดินผสม T2 มีค่า 11.47 เปอร์เซ็นต์ และ วัสดุดินผสม T6 ให้ค่าต่ำสุด เท่ากับ 3.81 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาวัสดุดินผสมหลังปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวัสดุดินผสม T1 มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มมากขึ้น เท่ากับ 17.37 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ได้แก่ วัสดุดินผสม T2 และ T5 มีปริมาณอินทรียวัตถุมากเท่ากับ 14.85 และ 15.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และวัสดุดินผสม T6 พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยที่สุด เท่ากับ 3.70 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนหรือ C/N ratio ก่อนปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T1 มีค่ามากสุด เท่ากับ 80.75 รองลงมา ได้แก่ วัสดุดินผสม T5 มีค่า 14.76 เปอร์เซ็นต์ และ วัสดุดินผสม T2 T3 T4 และ T6 ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยให้ค่าต่ำ เท่ากับ 11.54 11.15 11.63 และ 9.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วัสดุดินผสมหลังปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวัสดุดินผสม T1 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 47.61 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาก ได้แก่ วัสดุดินผสม T4 และ T5 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติมีค่าเท่ากับ 12.15 และ 10.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และวัสดุดินผสม T6 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 8.17 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.2)

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ และ C/N ratio ก่อนและหลังปลูกของวัสดุดินผสมแต่ละชนิด

วัสดุดินผสม	ก่อนปลูก				หลังปลูก			
	ค่า pH	ค่า EC (ไมโครซีเมนส์ต่อเมตร)	อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	C/N ratio	ค่า pH	ค่า EC (ไมโครซีเมนส์ต่อเมตร)	อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	C/N ratio
T1	7.42 ± 0.02 c[1/]	0.63 ± 0.12 e	15.42 ± 1.01 a	80.75 ± 1.44 a	8.07 ± 0.04 a	0.51 ± 0.01 f	17.37 ± 0.93 a	47.61 ± 0.56 a
T2	7.21 ± 0.03 d	2.49 ± 0.09 a	11.47 ± 1.11 b	11.54 ± 0.37 c	7.77 ± 0.05 b	1.56 ± 0.01 a	14.85 ± 0.64 bc	9.90 ± 0.37 c
T3	8.59 ± 0.05 a	2.29 ± 0.06 b	17.14 ± 1.89 a	11.15 ± 1.40 c	7.77 ± 0.05 b	1.05 ± 0.02 c	14.07 ± 0.42 c	9.91 ± 0.83 c
T4	8.41 ± 0.03 b	1.30 ± 0.02 d	16.28 ± 1.31 a	11.63 ± 1.26 c	7.53 ± 0.05 c	0.97 ± 0.01 d	13.67 ± 0.80 c	12.15 ± 0.46 b
T5	8.59 ± 0.09 a	2.06 ± 0.05 c	17.77 ± 2.32 a	14.76 ± 0.43 b	7.45 ± 0.02 c	1.39 ± 0.04 b	15.41 ± 0.76 b	10.44 ± 0.57 bc
T6	4.42 ± 0.02 e	0.51 ± 0.04 f	3.81 ± 0.22 c	9.66 ± 0.95 c	4.76 ± 0.08 d	0.83 ± 0.02 e	3.70 ± 0.09 d	8.17 ± 0.60 d
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	0.60	4.08	11.53	4.92	0.03	0.03	3.66	2.27

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.2.2 ปริมาณธาตุอาหาร

วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของวัสดุดินผสมทั้ง 6 (ตารางที่ 4.3) เมื่อพิจารณาวัสดุดินผสมก่อนปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุดินผสม T3 T4 และ T5 ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่ามาก เท่ากับ 0.89 0.82 และ 0.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ วัสดุดินผสม T3 ยังพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 0.30 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ วัสดุดินผสม T5 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่า เท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่วัสดุดินผสม T1 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำสุดเท่ากับ 0.01 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบว่าวัสดุดินผสม T1 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 9.01 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาก ได้แก่ วัสดุดินผสม T2 และ T3 มีปริมาณโพแทสเซียม 6.71 และ 7.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และวัสดุดินผสม T6 มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุด 0.04 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บเกี่ยวครบ 6 รอบแล้วพิจารณาวัสดุดินผสมหลังปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T2 T3 และ T5 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ มีค่ามาก เท่ากับ 0.87 0.83 และ 0.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.0040-0.0220 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยวัสดุดินผสม T3 ให้ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 6.82 เปอร์เซ็นต์

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.3 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด ก่อนและหลังของวัสดุดินผสมแต่ละชนิด

วัสดุดินผสม	ก่อนปลูก			หลังปลูก		
	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)
T1	0.11 ± 0.00 d[1/]	0.01 ± 0.00 f	9.01 ± 0.42 a	0.21 ± 0.01 c	0.0040 ± 0.0000 c	4.37 ± 0.05 b
T2	0.58 ± 0.04 c	0.19 ± 0.01 c	6.71 ± 0.60 b	0.87 ± 0.05 a	0.0177 ± 0.0012 ab	3.62 ± 0.08 d
T3	0.89 ± 0.02 a	0.30 ± 0.01 a	7.17 ± 0.18 b	0.83 ± 0.06 a	0.0220 ± 0.0000 a	6.82 ± 0.40 a
T4	0.82 ± 0.06 ab	0.15 ± 0.01 d	4.13 ± 0.11 d	0.65 ± 0.02 b	0.0133 ± 0.0012 ab	4.09 ± 0.20 bc
T5	0.78 ± 0.24 ab	0.25 ± 0.01 b	5.12 ± 0.03 c	0.87 ± 0.13 a	0.0203 ± 0.0006 ab	3.90 ± 0.14 cd
T6	0.34 ± 0.26 cd	0.08 ± 0.00 e	0.04 ± 0.01 e	0.26 ± 0.01 c	0.0117 ± 0.0115 bc	3.78 ± 0.35 cd
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	25.28	1.91	5.68	0.43	17.73	1.23

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.3 การเจริญเติบโตและปริมาณของผลผลิต

4.3.1 การเจริญเติบโต

4.3.1.1 ความสูงลำต้น

จากการเปรียบเทียบวัสดุดินผสมที่แตกต่างกันต่อความสูงของกะเพราที่มีอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก (ตารางที่ 4.4) พบว่า กะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก มีความสูงอยู่ในช่วง 11.38-51.12 เซนติเมตร กะเพราที่อายุ 60 วันหลังย้ายปลูก มีความสูงอยู่ในช่วง 14.10-50.14 เซนติเมตร กะเพราที่อายุ 90 วันหลังย้ายปลูก มีความสูงอยู่ในช่วง 20.30-48.28 เซนติเมตร กะเพราที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก มีความสูงอยู่ในช่วง 28.92-51.02 เซนติเมตร กะเพราที่อายุ 150 วันหลังย้ายปลูก มีความสูงอยู่ในช่วง 27.62-36.80 เซนติเมตร และกะเพราที่อายุ 180 วันหลังย้ายปลูก มีความสูงอยู่ในช่วง 22.56-47.24 เซนติเมตร เมื่อนำความสูงต้นที่ปลูกในแต่ละวัสดุดินผสมมาเฉลี่ย พบว่า วัสดุดินผสม T4 และ T5 ให้ทำให้กะเพรามีความสูงต้นมากที่สุด เท่ากับ 0.88 และ 0.86 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างจากการใช้วัสดุดินผสม T1 ที่ไม่ส่งผลต่อความสูงต้นของต้นกะเพรา (18.72 เซนติเมตร)

4.3.1.2 ความกว้างพุ่ม

เมื่อพิจารณาวัสดุดินผสมที่แตกต่างกันต่อความกว้างพุ่มของกะเพราที่มีอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T2 T3 และ T6 ช่วยส่งเสริมความกว้างพุ่มของกะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก ให้มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 32.04 32.30 และ 32.10 เซนติเมตร โดยกะเพราที่อายุ 60 วันหลังย้ายปลูก มีความกว้างพุ่มมากที่สุดเมื่อปลูกในวัสดุดินผสม T6 (47.56 เซนติเมตร) ขณะที่วัสดุดินผสม T4 ส่งผลต่อความกว้างพุ่มของกะเพราที่อายุ 90 วันหลังย้ายปลูกมากที่สุด (46.10 เซนติเมตร) ที่กะเพราอายุ 120 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T5 ทำให้กะเพรามีความกว้างพุ่มมากที่สุด เท่ากับ 52.02 เซนติเมตร อีกทั้งยังทำให้กะเพราอายุ 180 วันหลังย้ายปลูกมีความกว้างพุ่มมากสุดเช่นเดียวกับวัสดุดินผสม T6 (47.86 และ 47.40 เซนติเมตร) ขณะที่วัสดุดินผสม T3 ส่งเสริมความกว้างพุ่มมากสุดที่กะเพราอายุ 150 วันหลังย้ายปลูก (ตาราง 4.5) จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความกว้างพุ่มของกะเพรามีความกว้างมากที่สุดเมื่อปลูกในวัสดุดินผสม T3 โดยมีค่าความกว้างมากสุด เท่ากับ 36.50 เซนติเมตร

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.4 การเจริญเติบโตด้านความสูงต้น ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน

วัสดุดินผสม	ความสูงต้น (เซนติเมตร)						ค่าเฉลี่ย
	30 วันหลังย้ายปลูก	60 วันหลังย้ายปลูก	90 วันหลังย้ายปลูก	120 วันหลังย้ายปลูก	150 วันหลังย้ายปลูก	180 วันหลังย้ายปลูก	
T1	11.38 ± 0.54 e[1/]	14.10 ± 0.22 f	20.30 ± 0.55 f	28.92 ± 0.40 f	27.62 ± 0.22 d	22.56 ± 0.42 f	18.72 ± 0.18 c
T2	51.12 ± 1.36 a	37.00 ± 0.50 e	37.70 ± 0.67 d	51.02 ± 0.11 a	29.80 ± 0.27 c	45.74 ± 0.30 c	37.02 ± 0.28 b
T3	43.10 ± 0.42 d	47.30 ± 0.28 c	41.40 ± 0.45 c	44.22 ± 0.30 c	36.80 ± 0.19 a	38.34 ± 0.36 e	36.73 ± 0.14 b
T4	45.06 ± 1.66 c	47.88 ± 0.24 b	48.28 ± 0.22 a	44.22 ± 0.30 d	34.56 ± 0.25 b	46.40 ± 0.25 b	38.80 ± 0.33 a
T5	45.50 ± 0.61 bc	44.60 ± 0.39 d	46.46 ± 0.30 b	44.94 ± 0.39 b	34.56 ± 0.25 b	47.24 ± 0.32 a	38.62 ± 0.14 a
T6	46.62 ± 0.45 b	50.14 ± 0.42 a	37.04 ± 0.53 e	40.94 ± 0.26 e	34.34 ± 0.32 b	43.08 ± 0.27 d	36.93 ± 0.27 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	2.34	0.86	1.25	0.74	0.67	0.77	0.61

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.5 การเจริญเติบโตด้านความกว้างพุ่ม ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน

วัสดุดินผสม	ความกว้างพุ่มต้น (เซนติเมตร)						ค่าเฉลี่ย
	30 วันหลังย้ายปลูก	60 วันหลังย้ายปลูก	90 วันหลังย้ายปลูก	120 วันหลังย้ายปลูก	150 วันหลังย้ายปลูก	180 วันหลังย้ายปลูก	
T1	8.10 ± 0.65 d[1/]	7.70 ± 0.27 f	9.74 ± 0.43 f	22.68 ± 0.34 e	22.30 ± 0.27 e	18.28 ± 0.67 c	13.78 ± 0.37 e
T2	32.04 ± 0.32 a	38.50 ± 0.35 e	33.34 ± 0.32 e	50.64 ± 0.42 b	32.54 ± 0.46 d	45.04 ± 0.91 b	34.39 ± 0.09 d
T3	32.30 ± 0.45 a	43.84 ± 0.85 d	45.22 ± 0.18 b	47.56 ± 0.61 c	40.82 ± 0.40 a	45.02 ± 0.38 b	37.50 ± 0.24 a
T4	29.30 ± 0.45 c	45.70 ± 0.28 b	46.10 ± 0.10 a	47.88 ± 0.16 c	37.38 ± 0.28 b	44.78 ± 0.30 b	36.94 ± 0.17 b
T5	30.20 ± 0.57 b	44.66 ± 0.32 c	41.22 ± 0.74 c	52.04 ± 0.32 a	35.80 ± 0.45 c	47.86 ± 0.38 a	37.18 ± 0.29 b
T6	32.10 ± 0.22 a	47.56 ± 0.44 a	39.42 ± 0.66 d	45.88 ± 0.11 d	32.92 ±0.30 d	47.40 ± 0.44 a	36.23 ± 0.13 c
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	1.74	1.03	1.30	0.77	1.02	1.42	0.72

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤0.01)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.3.1.3 จำนวนกิ่ง

สำหรับจำนวนกิ่งของกะเพราที่มีอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก เมื่อปลูกในวัสดุดินผสมที่แตกต่างกัน พบว่า กะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก มีจำนวนกิ่งอยู่ในช่วง 0.00-16.80 กิ่งต่อต้น กะเพราที่อายุ 60 วันหลังย้ายปลูก มีจำนวนกิ่งอยู่ในช่วง 6.20-8.40 กิ่งต่อต้น กะเพราที่อายุ 90 วันหลังย้ายปลูก มีจำนวนกิ่งอยู่ในช่วง 2.00-30.60 กิ่งต่อต้น กะเพราที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก มีจำนวนกิ่งอยู่ในช่วง 4.00-39.80 กิ่งต่อต้น กะเพราที่อายุ 150 วันหลังย้ายปลูก มีจำนวนกิ่งอยู่ในช่วง 7.40-37.20 กิ่งต่อต้น และกะเพราที่อายุ 180 วันหลังย้ายปลูก มีจำนวนกิ่งอยู่ในช่วง 10.00-42.40 กิ่งต่อต้น ซึ่งถือเป็นอายุที่มีจำนวนกิ่งมากที่สุด เมื่อพิจารณาจำนวนกิ่งเฉลี่ย พบว่า วัสดุดินผสม T3 ส่งผลต่อจำนวนกิ่งของกะเพรามากที่สุดเมื่อคิดค่าเฉลี่ยโดยมีค่าอยู่ที่ 24.37 กิ่งต่อต้น (ตารางที่ 4.6)

4.3.1.4 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

เมื่อพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของกะเพราที่มีอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก เมื่อปลูกในวัสดุดินผสมที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.7) พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีขนาดเพิ่มขึ้นในทุกๆ เดือน โดยที่อายุ 30-120 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T2 T3 T4 T5 และ T6 ซึ่งจะเริ่มเห็นความแตกต่างที่กะเพราอายุ 150 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T3 และ T6 ช่วยให้กะเพรามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมาก เท่ากับ 13.30 และ 13.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่กะเพราอายุ 180 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T2 T3 และ T6 ส่งเสริมให้กะเพรามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมาก เท่ากับ 15.13 14.79 และ 14.95 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่วัสดุดินผสม T1 ไม่ช่วยสนับสนุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกะเพราในทุกช่วงอายุ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.73 2.98 3.10 3.30 3.28 และ 3.82 มิลลิเมตร ตามลำดับ

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.6 การเจริญเติบโตด้านจำนวนกิ่ง ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน

วัสดุดินผสม	จำนวนกิ่ง (กิ่งต่อต้น)						ค่าเฉลี่ย
	30 วันหลังย้ายปลูก	60 วันหลังย้ายปลูก	90 วันหลังย้ายปลูก	120 วันหลังย้ายปลูก	150 วันหลังย้ายปลูก	180 วันหลังย้ายปลูก	
T1	0.00 ± 0.00 c[1/]	6.20 ± 0.45 b	2.00 ± 0.00 d	4.00 ± 0.00 e	7.40 ± 0.89 f	10.00 ± 0.00 d	4.23 ± 0.13 f
T2	6.40 ± 0.89 b	15.80 ± 0.45 ab	26.40 ± 0.55 b	33.00 ± 1.00 d	18.00 ± 0.00 e	38.00 ± 1.41 c	19.66 ± 0.22 e
T3	8.40 ± 0.89 a	16.40 ± 0.89 a	30.60 ± 0.55 a	38.60 ± 0.89 b	34.20 ± 0.45 b	42.40 ± 0.89 a	24.37 ± 0.35 a
T4	8.40 ± 0.89 a	15.20 ± 1.10 b	30.00 ± 1.41 a	36.00 ± 1.41 c	30.00 ± 1.41 c	40.00 ± 1.41 b	22.80 ± 0.55 c
T5	8.40 ± 0.89 a	16.00 ± 0.00 ab	22.40 ± 0.55 c	39.80 ± 0.45 a	37.20 ± 1.10 a	42.20 ± 0.45 a	23.71 ± 0.18 b
T6	8.00 ± 0.00 a	16.80 ± 1.10 a	22.40 ± 0.55 c	32.20 ± 0.45 d	24.00 ± 0.00 d	37.00 ± 1.00 c	20.06 ± 0.16 d
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	11.20	0.40	3.42	2.63	3.37	2.60	1.33

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

(T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.7 การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน

วัสดุดินผสม	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร)						ค่าเฉลี่ย
	30 วันหลังย้ายปลูก	60 วันหลังย้ายปลูก	90 วันหลังย้ายปลูก	120 วันหลังย้ายปลูก	150 วันหลังย้ายปลูก	180 วันหลังย้ายปลูก	
T1	2.73 ± 1.20 b[1/]	2.98 ± 0.22 b	3.10 ± 0.36 b	3.30 ± 0.79 d	3.28 ± 0.43 d	3.82 ± 0.49 d	3.05 ± 0.29 b
T2	4.74 ± 0.23 a	8.18 ± 1.05 a	9.18 ± 1.14 a	10.14 ± 0.17 c	12.65 ± 0.90 bc	15.13 ± 0.50 a	8.93 ± 0.30 a
T3	4.61 ± 0.44 a	8.42 ± 1.10 a	9.46 ± 1.10 a	11.13 ± 0.76 ab	13.32 ± 0.35 a	14.79 ± 0.46 a	9.14 ± 0.29 a
T4	4.62 ± 0.41 a	8.39 ± 0.75 a	10.08 ± 0.86 a	10.95 ± 0.75 abc	12.33 ± 0.21 c	13.24 ± 0.50 c	8.79 ± 0.17 a
T5	4.04 ± 0.51 a	8.52 ± 1.51 a	9.62 ± 1.34 a	11.63 ± 0.60 a	12.17 ± 0.30 c	13.90 ± 0.31 b	8.81 ± 0.37 a
T6	4.84 ± 0.25 a	8.02 ± 1.10 a	9.06 ± 1.09 a	10.64 ± 0.30 bc	13.16 ± 0.36 ab	14.95 ± 0.46 a	8.95 ± 0.31 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	13.70	14.80	12.97	6.29	4.09	3.63	3.99

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.3.1.5 ความกว้างใบ

จากการศึกษาความกว้างใบของกะเพราเมื่อปลูกในวัสดุดินผสมที่แตกต่างกัน ที่กะเพราอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยความกว้างใบของกะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก มีค่าอยู่ในช่วง 2.02-3.86 เซนติเมตร ขณะที่กะเพราอายุ 60 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T4 และ T6 ช่วยเพิ่มความกว้างใบให้มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 3.40 และ 3.34 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่กะเพราอายุ 90 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T3 และ T6 ช่วยให้กะเพรามีความกว้างใบมากที่สุด เท่ากับ 2.96 และ 3.06 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยวัสดุดินผสม T4 ช่วยเพิ่มความกว้างใบมากที่สุด (3.02 เซนติเมตร) เมื่อกะเพรามีอายุ 120 วันหลังย้ายปลูก ขณะที่กะเพราอายุ 150 วันหลังย้ายปลูก เริ่มไม่พบความแตกต่างทางสถิติของความกว้างใบ โดยกะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T2-T5 มีค่าอยู่ในช่วง 2.70-2.88 เซนติเมตร เช่นเดียวกับกะเพราอายุ 180 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T2-T6 มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติซึ่งอยู่ในช่วง 2.44-2.80 เซนติเมตร จากค่าเฉลี่ยความกว้างใบ พบว่า วัสดุดินผสม T3 และ T4 มีค่ามากเท่ากับ 2.86 และ 2.89 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

4.3.1.6 ความยาวใบ

จากการศึกษาความกว้างใบของกะเพราเมื่อปลูกในวัสดุดินผสมที่แตกต่างกัน ที่กะเพราอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก (ตารางที่ 4.9) พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่กะเพราอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก พบว่า ความยาวใบมีค่าอยู่ในช่วง 3.10-8.12 เซนติเมตร ที่กะเพราอายุ 60 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T4 ส่งเสริมความยาวใบมากที่สุด เท่ากับ 7.76 เซนติเมตร ที่กะเพราอายุ 90 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T3 ทำให้กะเพรามีความยาวใบมากที่สุด เท่ากับ 5.94 เซนติเมตร ขณะที่กะเพราอายุ 120 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของกะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T2-T6 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.64-5.18 เซนติเมตร และ 5.14-5.62 เซนติเมตร ตามลำดับ และที่กะเพราอายุ 150 วันหลังย้ายปลูก มีความยาวใบอยู่ในช่วง 4.04-5.86 เซนติเมตร ซึ่งในทุกช่วงอายุของกะเพรา พบว่า วัสดุดินผสม T1 ช่วยทำให้ความยาวใบมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 2.02 2.04 1.34 1.82 2.48 และ 1.82 เซนติเมตร ตามลำดับ

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.8 การเจริญเติบโตด้านความกว้างใบ ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน

วัสดุดินผสม	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)						ค่าเฉลี่ย
	30 วันหลังย้ายปลูก	60 วันหลังย้ายปลูก	90 วันหลังย้ายปลูก	120 วันหลังย้ายปลูก	150 วันหลังย้ายปลูก	180 วันหลังย้ายปลูก	
T1	2.02 ± 0.49 b[1/]	2.04 ± 0.21 c	1.34 ± 0.11 c	1.82 ± 0.11 c	2.48 ± 0.22 c	1.82 ± 0.24 b	1.83 ± 0.10 c
T2	3.86 ± 0.30 a	2.88 ± 0.28 b	2.42 ± 0.13 b	2.44 ± 0.23 b	2.88 ± 0.18 a	2.52 ± 0.49 a	2.75 ± 0.10 b
T3	3.80 ± 0.24 a	3.04 ± 0.18 b	2.96 ± 0.32 a	2.60 ± 0.21 b	2.86 ± 0.15 a	2.74 ± 0.30 a	2.86 ± 0.08 ab
T4	3.82 ± 0.43 a	3.40 ± 0.10 a	2.48 ± 0.49 b	3.02 ± 0.28 a	2.70 ± 0.26 a	2.80 ± 0.46 a	2.89 ± 0.11 a
T5	3.66 ± 0.38 a	2.94 ± 0.29 b	2.36 ± 0.09 b	2.72 ± 0.29 b	2.70 ± 0.14 a	2.70 ± 0.37 a	2.75 ± 0.14 b
T6	3.40 ± 0.23 a	3.34 ± 0.05 a	3.06 ± 0.17 a	2.48 ± 0.22 b	2.34 ± 0.30 b	2.44 ± 0.32 a	2.73 ± 0.09 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	9.29	6.92	10.17	8.89	8.96	13.77	3.65

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤0.01)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.9 การเจริญเติบโตด้านความยาวใบ ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน

วัสดุดินผสม	ความยาวใบ (เซนติเมตร)						ค่าเฉลี่ย
	30 วันหลังย้ายปลูก	60 วันหลังย้ายปลูก	90 วันหลังย้ายปลูก	120 วันหลังย้ายปลูก	150 วันหลังย้ายปลูก	180 วันหลังย้ายปลูก	
T1	3.10 ± 0.50 c[1/]	3.66 ± 0.11 f	3.20 ± 0.10 d	3.72 ± 0.70 b	4.04 ± 1.09 c	3.76 ± 0.50 b	3.55 ± 0.26 c
T2	8.12 ± 0.83 a	5.74 ± 0.15 e	4.80 ± 0.16 c	5.36 ± 0.72 a	5.22 ± 0.78 ab	5.34 ± 0.86 a	5.45 ± 0.40 b
T3	7.76 ± 0.42 a	6.02 ± 0.19 d	5.94 ± 0.11 a	5.32 ± 0.70 a	5.44 ± 0.36 ab	5.32 ± 0.70 a	5.59 ± 0.14 ab
T4	8.00 ± 0.45 a	7.76 ± 0.15 a	5.16 ± 0.11 b	5.64 ± 0.67 a	5.86 ± 0.72 a	5.62 ± 0.73 a	5.93 ± 0.17 a
T5	7.50 ± 0.35 ab	6.90 ± 0.23 b	4.90 ± 0.12 c	5.18 ± 0.44 a	5.40 ± 0.27 ab	5.42 ± 0.32 a	5.57 ± 0.06 ab
T6	7.00 ± 0.21 b	6.54 ± 0.11 c	4.80 ± 0.21 c	5.28 ± 0.54 a	4.84 ± 0.50 bc	5.14 ± 1.13 a	5.30 ± 0.32 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	7.13	2.58	3.20	13.28	13.35	15.55	5.02

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤0.01)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.3.1.7 พื้นที่ใบ

เมื่อพิจารณาพื้นที่ใบของกะเพราที่ปลูกในวัสดุดินผสมที่แตกต่างกัน ที่กะเพราอายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.10) ที่กะเพราอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก จะเห็นได้ว่าวัสดุดินผสม T3 และ T6 ช่วยทำให้พื้นใบของกะเพรามีค่ามากที่สุด เท่ากับ 19.99 และ 20.16 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ที่กะเพราอายุ 60 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T4 ส่งเสริมพื้นที่ใบของกะเพรามากที่สุด (14.78 ตารางเซนติเมตร) ขณะที่วัสดุดินผสม T3 ช่วยเพิ่มพื้นที่ใบของกะเพรามากที่สุดที่กะเพราอายุ 90 และ 150 วันหลังย้ายปลูก (12.49 และ 13.13 ตารางเซนติเมตร) กะเพราที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T5 ให้พื้นที่ใบกะเพราเพิ่มมากที่สุด เท่ากับ 15.31 ตารางเซนติเมตร และที่กะเพราอายุ 180 วันหลังย้ายปลูก ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของพื้นที่ใบซึ่งปลูกด้วยวัสดุดินผสม T2 T3 T4 และ T5 ซึ่งให้พื้นที่ใบกะเพรามาก เท่ากับ 12.12 12.53 12.59 และ 11.99 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบของกะเพรา พบว่า วัสดุดินผสม T3 และ T4 ช่วยให้พื้นที่ใบกะเพรามีค่ามากที่สุด เท่ากับ 12.36 และ 12.12 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างกับวัสดุดินผสม T1 ที่พบว่า ทำให้ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบกะเพราต่ำสุด เท่ากับ 5.55 ตารางเซนติเมตร โดยกะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูกให้พื้นที่ใบมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกะเพราอายุต่างกัน

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.10 การเจริญเติบโตด้านพื้นที่ใบ ที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน

วัสดุดินผสม	ความพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)						ค่าเฉลี่ย
	30 วันหลังย้ายปลูก	60 วันหลังย้ายปลูก	90 วันหลังย้ายปลูก	120 วันหลังย้ายปลูก	150 วันหลังย้ายปลูก	180 วันหลังย้ายปลูก	
T1	5.06 ± 0.19 d[1/]	5.03 ± 0.12 e	5.65 ± 0.42 f	8.81 ± 0.70 e	6.36 ± 0.34 e	9.69 ± 0.22 c	5.55 ± 0.22 e
T2	14.10 ± 0.44 c	12.15 ± 0.84 d	9.59 ± 0.20 e	12.73 ± 0.55 c	11.20 ± 0.22 c	12.12 ± 0.77 ab	10.53 ± 0.29 d
T3	19.99 ± 0.33 a	14.06 ± 0.47 b	12.49 ± 0.21 a	12.70 ± 0.45 c	13.13 ± 0.39 a	12.53 ± 0.35 a	12.36 ± 0.19 a
T4	18.74 ± 0.42 b	14.78 ± 0.45 a	11.49 ± 0.27 c	14.14 ± 0.45 b	11.51 ± 0.32 c	12.59 ± 0.26 a	12.12 ± 0.19 ab
T5	19.32 ± 0.28 b	13.42 ± 0.12 c	10.48 ± 0.08 d	15.31 ± 0.29 a	12.04 ± 0.29 b	11.99 ± 0.70 ab	11.99 ± 0.17 b
T6	20.16 ± 0.86 a	11.59 ± 0.15 d	11.90 ± 0.33 b	10.86 ± 0.32 d	9.69 ± 0.22 d	11.01 ± 0.73 b	11.06 ± 0.15 c
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	7.13	2.58	3.20	13.28	13.35	15.55	2.11

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.3.1.8 ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากต้นกะเพรา

จากการศึกษาวัสดุดินผสมที่แตกต่างกันต่อรากของต้นกะเพรา พบว่า ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวัสดุดินผสม T6 ทำให้ความยาวรากของกะเพรามากที่สุดเท่ากับ 19.28 เซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ วัสดุดินผสม T1 และ T5 ช่วยทำให้ความยาวรากกะเพรามีค่า เท่ากับ 16.16 และ 15.12 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่วัสดุดินผสม T3 ส่งผลต่อความยาวรากกะเพราน้อยที่สุด (13.68 เซนติเมตร) แต่ส่งเสริมน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากให้มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 16.75 และ 3.07 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ตรงข้ามกับวัสดุดินผสม T1 ที่ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก โดยทำให้มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 1.85 และ 0.29 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากกะเพราจากวัสดุดินผสมแต่ละชนิด

วัสดุดินผสม	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดราก (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น)
T1	16.16 ± 0.63 b[1/]	1.85 ± 0.51 e	0.29 ± 0.02 d
T2	16.06 ± 0.89 b	12.32 ± 0.09 d	1.97 ± 0.09 c
T3	13.68 ± 0.54 c	16.75 ± 0.34 a	3.07 ± 0.39 a
T4	14.96 ± 0.50 bc	14.79 ± 0.45 b	2.43 ± 0.02 b
T5	15.32 ± 1.61 b	12.96 ± 1.15 cd	2.67 ± 0.24 b
T6	19.28 ± 1.90 a	13.70 ± 1.20 c	2.51 ± 0.19 b
F-test	**	**	**
C.V. (%)	7.24	6.38	10.08

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.3.2 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตของกะเพรา

จากการเก็บเกี่ยวกะเพราที่อายุ 30 60 90 120 150 และ 180 วันหลังย้ายปลูก (ตารางที่ 4.11) เห็นได้ว่าการใช้วัสดุดินผสมที่แตกต่างกันส่งผลอย่างยิ่งต่อน้ำหนักสดของกะเพรา เมื่อพิจารณากะเพราที่อายุ 30 วัน หลังย้ายปลูก พบว่าน้ำหนักสดของผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างยิ่งทางสถิติ โดยวัสดุดินผสม T4 ทำให้น้ำหนักสดกะเพรามีค่ามากที่สุดเท่ากับ 37.96 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ วัสดุดินผสม T2 ที่ทำให้น้ำหนักสดกะเพรามีค่าเท่ากับ 37.28 กรัมต่อต้น และ วัสดุดินผสม T1 ส่งผลต่อน้ำหนักสดของกะเพราน้อยสุด (0.17 กรัมต่อต้น) และเมื่อระยะเวลาผ่านไปกลับพบว่า วัสดุดินผสม T3 เริ่มทำให้น้ำหนักสดผลผลิตของกะเพรามากกว่า ขณะที่วัสดุดินผสม T4 ทำให้น้ำหนักสดผลผลิตลดลง โดยเริ่มให้ผลผลิตของกะเพราเท่ากันที่อายุ 120 หลังย้ายปลูก (76.62 กรัมต่อต้น) และที่กะเพราอายุ 150 และ 180 หลังย้ายปลูก วัสดุดินผสม T3 ช่วยส่งเสริมน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 46.14 และ 67.49 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และเมื่อรวมน้ำหนักผลผลิตของกะเพราทั้งหมดพบว่า วัสดุดินผสม T3 ทำให้น้ำหนักรวมผลผลิตของกะเพรามีค่ามากที่สุดท่ากับ 303.30 กรัมต่อต้น รองลงมาได้แก่ กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T4 ซึ่งมีค่าน้ำหนักรวมผลผลิตเท่ากับ 287.74 กรัมต่อต้น ต่างจากกะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T1 ที่ทำให้น้ำหนักผลผลิตรวมน้อยสุดเท่ากับ 23.25 กรัมต่อต้น ผลการทดลองนี้ทำให้เห็นว่าวัสดุดินผสมที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มผลผลิตได้ดีกว่าการใช้วัสดุดินผสมทางการค้าที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป สำหรับน้ำหนักแห้งของกะเพรามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4.12) โดยวัสดุดินผสม T3 และ T4 ส่งผลต่อน้ำหนักแห้งรวมผลผลิตให้มีค่ามากสุดเท่ากับ 35.31 และ 34.97 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.12 น้ำหนักสดผลผลิตของกะเพราที่ปลูกในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน

วัสดุดินผสม	น้ำหนักสดผลผลิต (กรัมต่อต้น)						
	30 วันหลังย้ายปลูก	60 วันหลังย้ายปลูก	90 วันหลังย้ายปลูก	120 วันหลังย้ายปลูก	150 วันหลังย้ายปลูก	180 วันหลังย้ายปลูก	ผลผลิตรวมทั้งหมด
T1	0.17 ± 0.01 e[1/]	9.56 ± 0.53 d	0.41 ± 0.04 f	3.26 ± 0.53 e	5.68 ± 0.36 e	4.17 ± 0.15 f	23.25 ± 0.87 f
T2	37.28 ± 0.82 b	18.10 ± 0.42 c	21.69 ± 0.63 e	69.69 ± 0.47 b	21.30 ± 0.55 d	53.98 ± 0.45 b	222.06 ± 0.8 d
T3	29.22 ± 0.44 d	43.64 ± 0.50 b	40.19 ± 0.28 c	76.62 ± 1.46 a	46.14 ± 0.23 a	67.49 ± 0.62 a	303.30 ± 0.85 a
T4	37.96 ± 0.50 a	44.33 ± 0.53 b	51.70 ± 0.55 a	76.62 ± 0.47 a	32.65 ± 0.81 c	44.48 ± 0.49 d	287.74 ± 0.43 b
T5	36.10 ± 0.31 c	46.74 ± 0.26 a	42.27 ± 0.32 b	66.33 ± 0.35 c	35.59 ± 0.43 b	47.61 ± 0.29 c	274.65 ± 0.58 c
T6	35.52 ± 0.45 c	46.94 ± 0.76 a	28.98 ± 0.21 d	42.54 ± 0.57 d	21.47 ± 0.73 d	40.48 ± 0.42 e	215.92 ± 0.49 e
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	1.73	1.54	1.33	1.44	2.12	0.87	0.33

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักแห้งผลผลิตของกะเพราที่ปลูกในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน

วัสดุดินผสม	น้ำหนักแห้งผลผลิต (กรัมต่อต้น)						
	30 วันหลังย้ายปลูก	60 วันหลังย้ายปลูก	90 วันหลังย้ายปลูก	120 วันหลังย้ายปลูก	150 วันหลังย้ายปลูก	180 วันหลังย้ายปลูก	ผลผลิตรวมทั้งหมด
T1	0.02 ± 0.00 d[1/]	0.13 ± 0.01 d	0.06 ± 0.01 f	0.52 ± 0.04 f	0.75 ± 0.03 d	1.38 ± 0.47 e	3.20 ± 0.98 f
T2	4.73 ± 0.15 a	2.36 ± 0.05 c	2.27 ± 0.16 e	7.57 ± 0.51 d	2.20 ± 0.09 c	6.33 ± 0.32 b	25.46 ± 0.56 e
T3	3.30 ± 0.47 c	4.57 ± 0.23 b	5.09 ± 0.34 c	9.35 ± 0.44 b	4.80 ± 0.33 a	8.20 ± 0.52 a	35.31 ± 0.66 a
T4	4.22 ± 0.25 b	4.47 ± 0.46 b	6.73 ± 0.16 a	10.66 ± 0.95 a	3.58 ± 0.46 b	5.31 ± 0.16 c	34.97 ± 0.43 a
T5	4.24 ± 0.44 b	4.73 ± 0.22 b	5.42 ± 0.15 b	8.47 ± 0.44 c	3.69 ± 0.42 b	4.65 ± 0.28 d	31.21 ± 0.80 b
T6	4.72 ± 0.34 a	5.29 ± 0.26 a	3.84 ± 0.17 d	6.51 ± 0.17 e	2.63 ± 0.34 c	6.31 ± 0.56 b	29.30 ± 0.49 d
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	9.16	7.15	4.90	7.48	10.93	8.00	2.60

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.4 คุณภาพผลผลิต

4.4.1 ค่าความเขียวของใบ (SPAD)

จากการศึกษาค่าความเขียวของใบ หรือค่า SPAD ของใบกะเพราที่มีอายุ 30 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมที่ต่างกัน (ตารางที่ 4.14 และ 4.15) พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อพิจารณาที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก วัสดุดินผสมที่ให้ค่า SPAD สูง ได้แก่ วัสดุดินผสม T6 และ T3 โดยให้ค่าเท่ากับ 33.46 และ 32.96 รองลงมาได้แก่ กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T5 มีค่า SPAD เท่ากับ 31.84 ขณะที่กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T1 ส่งผลต่อค่า SPAD น้อยที่สุด (23.20) และที่กะเพราอายุ 180 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T3 และ 4 ให้ค่า SPAD ของกะเพราเพิ่มขึ้นสูงสุดมีค่า เท่ากับ 38.16 และ 37.88 ตามลำดับ และวัสดุดินผสม T1 ยังคงทำให้กะเพรามีค่า SPAD ต่ำที่สุด เท่ากับ 29.88

4.4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์

เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์ในใบกะเพราที่อายุ 30 หลังย้ายปลูก (ตารางที่ 4.14) พบว่า กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T2-T6 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่ามาก เท่ากับ 0.58 0.59 0.53 0.57 และ 0.52 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์บีและคลอโรฟิลล์ทั้งหมด พบว่า วัสดุดินผสม T3 ช่วยทำให้กะเพรามีค่าดังกล่าวสูงที่สุด เท่ากับ 0.80 และ 1.40 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตรงข้างกับวัสดุดินผสม T1 พบว่า ทำให้กะเพรามีปริมาณคลอโรฟิลล์บีและคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่ำสุด เท่ากับ 0.19 และ 0.64 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ขณะที่กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T2 T4 T5 และ T6 มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมาก เท่ากับ 11.56 12.24 11.76 และ 11.91 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด สำหรับกะเพราที่อายุ 180 วันหลังย้ายปลูก (ตารางที่ 4.15) พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์บีและคลอโรฟิลล์ทั้งหมด พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวัสดุดินผสม T3 และ T6 ส่งเสริมให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บีในใบกะเพรามีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.62 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด เช่นเดียวกับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ที่พบว่ามีค่ามากที่สุด 1.10 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.14 ปริมาณค่าความเขียว คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในใบกะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมแต่ละชนิด

วัสดุดินผสม	SPAD	คลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	คลอโรฟิลล์ บี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	แคโรทีนอยด์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)
T1	23.20 ± 0.58 d[1/]	0.45 ± 0.01 b	0.19 ± 0.02 d	0.64 ± 0.01 d	8.09 ± 0.34 c
T2	31.12 ± 0.33 c	0.58 ± 0.03 a	0.57 ± 0.03 c	1.15 ± 0.04 bc	11.56 ± 0.41 a
T3	32.96 ± 0.19 a	0.59 ± 0.01 a	0.80 ± 0.02 a	1.40 ± 0.02 a	9.36 ± 1.09 b
T4	30.72 ± 0.22 c	0.53 ± 0.05 ab	0.55 ± 0.02 c	1.08 ± 0.03 c	12.24 ± 0.14 a
T5	31.84 ± 0.48 b	0.57 ± 0.06 a	0.54 ± 0.02 c	1.11 ± 0.07 bc	11.76 ± 0.09 a
T6	33.46 ± 0.21 a	0.52 ± 0.07 ab	0.73 ± 0.09 b	1.25 ± 0.15 b	11.91 ± 0.26 a
F-test	**	*	**	**	**
C.V (%)	1.28	8.20	7.14	6.83	4.71

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.15 ปริมาณค่าความเขียว คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในใบกะเพราที่อายุ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมแต่ละชนิด

วัสดุดินผสม	SPAD	คลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	คลอโรฟิลล์ บี (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)	แคโรทีนอยด์ (ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด)
T1	29.88 ± 0.15 d[1/]	0.48 ± 0.03	0.36 ± 0.02 c	0.83 ± 0.01 c	11.42 ± 0.44
T2	31.38 ± 0.28 c	0.47 ± 0.01	0.53 ± 0.01 b	1.00 ± 0.02 b	12.16 ± 0.04
T3	38.16 ± 0.44 a	0.48 ± 0.03	0.62 ± 0.03 a	1.10 ± 0.06 a	12.39 ± 0.15
T4	37.88 ± 0.23 a	0.49 ± 0.02	0.53 ± 0.01 b	1.02 ± 0.02 b	12.18 ± 0.17
T5	37.14 ± 0.44 b	0.46 ± 0.01	0.50 ± 0.04 b	0.96 ± 0.05 b	12.09 ± 0.06
T6	36.76 ± 0.70 b	0.47 ± 0.02	0.62 ± 0.01 a	1.10 ± 0.02 a	11.19 ± 1.92
F-test	**	ns	**	**	ns
C.V (%)	1.16	4.90	3.82	3.28	6.61

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิต ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.4.3 ปริมาณสารสำคัญ

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารฟลาวโวนอยด์ทั้งหมด สารแอนโทไซยานินท์ทั้งหมด และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH จากกะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสมต่างชนิดกัน (ตารางที่ 4.16) เมื่อพิจารณาที่กะเพราอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก พบว่า กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T6 พบ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและแอนโทไซยานินท์ทั้งหมด ในกะเพรามากที่สุด เท่ากับ 13.77 มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง และ 0.78 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ขณะที่วัสดุดินผสม T1 พบว่า กะเพรามีการสะสมปริมาณสารฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มากที่สุด เท่ากับ 13.61 มิลลิกรัมรูตินต่อน้ำหนักแห้ง และ 80.66 เปอร์เซ็นต์ ต่อมา เมื่อพิจารณาที่กะเพราที่อายุ 180 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T1 ช่วยส่งเสริมกะเพราให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มากที่สุด เท่ากับ 18.77 มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 17.63 มิลลิกรัมรูตินต่อน้ำหนักแห้ง และ 90.73 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่วัสดุดินผสม T6 พบการสะสมของปริมาณแอนโทไซยานินท์ทั้งหมดในกะเพรามากที่สุด เท่ากับ 1.88 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักแห้ง

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.16 ปริมาณความเข้มข้นของสารสำคัญที่ผลิตได้จากผลผลิตน้ำหนักแห้งของกะเพราที่อายุ 30 และ 180 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมที่แตกต่างกัน

วัสดุดินผสม	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง)		สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (มิลลิกรัมรูตินต่อน้ำหนักแห้ง)		สารแอนโทไซยานินท์ทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อน้ำหนักแห้ง)		ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (เปอร์เซ็นต์)	
	30 Days	180 Days	30 Days	180 Days	30 Days	180 Days	30 Days	180 Days
T1	11.79 ± 0.28 b	18.77 ± 0.29 a[1/]	13.61 ± 0.07 a	17.63 ± 1.00 a	0.26 ± 0.03 b	0.22 ± 0.02 e	80.66±0.09 a	90.73±0.61 a
T2	10.96 ± 0.07 bc	10.66 ± 0.88 b	8.91 ± 0.77 b	7.82 ± 0.50 e	0.23 ± 0.02 b	0.27 ± 0.02 e	73.99±0.61 bc	80.71±0.38 b
T3	11.16 ± 0.65 b	7.78 ± 0.59 de	7.47 ± 0.60 c	11.65 ± 0.69 c	0.20 ± 0.02 b	0.37 ± 0.03 d	71.58±0.34 d	79.60±0.29 c
T4	10.02 ± 0.57 c	7.37 ± 0.60 e	6.28 ± 0.23 d	9.97 ± 0.69 cd	0.24 ± 0.02 b	0.45 ± 0.02 c	70.70±0.31 d	81.67±0.72 b
T5	11.48 ± 0.66 b	8.97 ± 0.61 c	7.14 ± 0.52 c	9.11 ± 0.55 de	0.29 ± 0.01 b	0.54 ± 0.05 b	73.21±0.97 c	70.06±0.35 d
T6	13.77 ± 0.73 a	8.72 ± 0.58 cd	7.93 ± 0.40 c	15.71 ± 0.88 b	0.78 ± 0.10 a	1.88 ± 0.06 a	74.78±0.30 b	70.31±0.47 d
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	2.39	3.42	2.56	5.46	0.66	0.01	0.41	0.37

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.4.4 ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช

4.4.4.1 ปริมาณไนโตรเจน (N)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนส่วนเหนือดิน (ใบและลำต้น) ที่อายุ 30 (ตารางที่ 4.11) และ 180 วันหลังย้ายปลูก (ตารางที่ 4.12) พบว่า กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T2 มีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุดเท่ากับ 4.32 และ 2.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และวัสดุดินผสม T3 พบว่า กะเพรามีปริมาณไนโตรเจนรองลงมาเท่ากับ 4.23 และ 3.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่วัสดุดินผสม T1 ทำให้กะเพรามีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุด (2.57 และ 2.34 เปอร์เซ็นต์) เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนของรากกะเพรา (ตารางที่ 4.12) พบว่า วัสดุดินผสม T2 พบปริมาณไนโตรเจนสะสมในรากมากที่สุดเท่ากับ 1.90 เปอร์เซ็นต์

4.4.4.2 ปริมาณฟอสฟอรัส (P)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสส่วนเหนือดิน (ใบและลำต้น) ที่อายุ 30 หลังย้ายปลูก (ตารางที่ 4.11) พบว่า กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T3 T4 และ T5 มีปริมาณฟอสฟอรัสไม่แตกต่างทางสถิติโดยมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.11 เปอร์เซ็นต์ และที่กะเพราอายุ 180 วันหลังย้ายปลูก (ตารางที่ 4.12) กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T1 มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมมากเท่ากับ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่วัสดุดินผสม T6 มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในกะเพราน้อยที่สุดเท่ากับ 0.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสังเกตุจะพบว่ากะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T3 มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในรากมากที่สุดเท่ากับ 0.09 เปอร์เซ็นต์

4.4.4.3 ปริมาณโพแทสเซียม (K)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมส่วนเหนือดิน (ใบและลำต้น) ที่อายุ 30 หลังย้ายปลูก (ตารางที่ 4.11) พบว่า กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T2 มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดเท่ากับ 4.45 เปอร์เซ็นต์ และที่กะเพราอายุ 180 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T6 ส่งเสริมให้กะเพราสะสมปริมาณโพแทสเซียมมากเท่ากับ 1.49 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่วัสดุดินผสม T1 ทำให้กะเพรามีปริมาณโพแทสเซียมลดลงเหลือเพียง 0.37 เปอร์เซ็นต์ และ วัสดุดินผสม T3 ช่วยให้รากของกะเพรามีปริมาณโพแทสเซียมสะสมมากที่สุดเท่ากับ 4.11 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.12)

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.17 ปริมาณธาตุอาหารหลัก NPK ของกะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก ในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน

วัสดุดินผสม	ส่วนเหนือดิน (ใบและลำต้น)		
	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)
T1	2.57 ± 0.03 d[1/]	0.08 ± 0.00 b	1.49 ± 0.02 b
T2	4.32 ± 0.08 a	0.09 ± 0.00 b	4.45 ± 0.23 a
T3	4.23 ± 0.05 ab	0.11 ± 0.00 a	0.61 ± 0.03 c
T4	4.17 ± 0.06 bc	0.11 ± 0.00 a	0.52 ± 0.01 cd
T5	4.06 ± 0.16 c	0.11 ± 0.01 a	0.62 ± 0.06 c
T6	4.14 ± 0.09 bc	0.08 ± 0.00 b	0.39 ± 0.01 d
F-test	**	**	**
C.V.(%)	0.15	0.05	0.69

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.18 ปริมาณธาตุอาหารหลัก NPK ของกะเพราอายุ 180 วันหลังย้าย ในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน

วัสดุดินผสม	ส่วนเหนือดิน (ใบและลำต้น)			ราก		
	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)
T1	2.34 ± 0.17 d[1/]	0.13 ± 0.00 a	0.37 ± 0.03 d	0.69 ± 0.11 d	0.02 ± 0.00 c	3.15 ± 0.15 b
T2	3.67 ± 0.08 a	0.10 ± 0.01 b	0.58 ± 0.0.2 c	1.90 ± 0.09 a	0.03 ± 0.01 c	3.50 ± 0.32 b
T3	3.40 ± 0.04 ab	0.09 ± 0.01 bc	0.34 ± 0.02 d	1.57 ± 0.08 b	0.09 ± 0.02 a	4.11 ± 0.31 a
T4	3.17 ± 0.22 b	0.09 ± 0.00 bc	0.59 ± 0.02 c	1.63 ± 0.08 b	0.03 ± 0.01 c	3.20 ± 0.19 b
T5	2.80 ± 0.22 c	0.08 ± 0.01 c	1.03 ± 0.02 b	1.57 ± 0.12 b	0.06 ± 0.01 b	3.58 ± 0.27 b
T6	2.61 ± 0.10 cd	0.06 ± 0.00 d	1.49 ± 0.13 a	1.27 ± 0.07 c	0.01 ± 0.00 c	2.65 ± 0.19 c
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	0.88	0.06	0.57	0.58	0.23	1.90

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

[1/] ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธี DMRT

T1: ดินการค้า (Control), T2: หน้าดิน: ใบก้ามปูหมัก: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:1:2:2:1:1 โดยปริมาตร, T3: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T4: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร, T5: หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก:มูลไก่เก่า: มูลไก่ใหม่:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ สัดส่วน 3:2:1:1:1.5:1.5 โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับ T6: การปลูกในดิน โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นตัวแทนของวิธีเกษตรกร

Ref. code: 25676609034514RAK

4.5 ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจ

จากการคำนวณผลผลิตที่ได้ต่อ 1 รอบการปลูกเมื่อทำการปลูกกะเพรา 1000 ต้น (ระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร) ในโรงเรือนขนาด 6x12 เมตร เมื่อเทียบกับราคาขายกะเพราอินทรีย์ในแม็คโคร ณ วันที่ 14 มกราคม 2568 พบว่ามีราคาขายอยู่ที่ 39 บาทต่อ 300 กรัม คิดเป็น 130 บาทต่อกิโลกรัม คิดราคาตามผลผลิตที่ได้จะมีราคาผลผลิต ดังนี้ วัสดุดินผสม T1 ผลผลิตรวมมีค่าเท่ากับ 23.25 กิโลกรัม คิดเป็นราคา 3,014.18 บาทต่อรอบการปลูก วัสดุดินผสม T2 ผลผลิตรวมมีค่าเท่ากับ 222.06 กิโลกรัม คิดเป็นราคา 28,867.28 บาทต่อรอบการปลูก วัสดุดินผสม T3 ผลผลิตรวมมีค่าเท่ากับ 303.30 กิโลกรัม คิดเป็นราคา 39,429.00 บาทต่อรอบการปลูก วัสดุดินผสม T4 ผลผลิตรวมมีค่าเท่ากับ 287.74 กิโลกรัม คิดเป็นราคา 37,405.94 บาทต่อรอบการปลูก วัสดุดินผสม T5 ผลผลิตรวมมีค่าเท่ากับ 274.65 กิโลกรัม คิดเป็นราคา 35,703.98 บาทต่อรอบการปลูก และวัสดุดินผสม T6 ผลผลิตรวมมีค่าเท่ากับ 215.92 กิโลกรัม คิดเป็นราคา 28,069.00 บาทต่อรอบการปลูก เมื่อนำราคาผลผลิตที่ได้ลบราคาต้นทุน คำนวณต้นทุนวัสดุดินผสมสำหรับผลิตกะเพราเมื่อทำการปลูก 1000 ต้น (ระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร) ในโรงเรือนขนาด 6x12 เมตร ต้นกล้ากะเพรามีราคา 3 บาทต่อต้น ชุดกระถางและจานรอง 15 บาทต่อชุด และวัสดุดินผสมแต่ละชนิดมีต้นทุนที่แตกต่างกัน โดยวัสดุดินผสมจากวัสดุดินผสม T1 ซึ่งเป็นดินการค้า มีราคา 10,600 บาท วัสดุดินผสม T2 เป็นวัสดุดินผสมเดิมที่มีส่วนผสมของหน้าดิน:ฟิลเตอร์เค้ก:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ:ใบก้ามปูหมัก:มูลไก่เก่า สัดส่วน 3:2:1:1:1:2 โดยปริมาตร มีราคา 8,700 บาท วัสดุดินผสม T3-T5 เป็นสูตรที่พัฒนาขึ้นซึ่งมีส่วนประกอบ ได้แก่ หน้าดิน ฟิลเตอร์เค้ก ขุยมะพร้าว แกลบดำ มูลไก่เก่า มูลไก่ใหม่ โดยวัสดุดินผสม T3 หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่เก่า: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร มีราคา 5,700 บาท วัสดุดินผสม T4 หน้าดิน: ฟิลเตอร์เค้ก: มูลไก่ใหม่: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร มีราคา 4,900 วัสดุดินผสม T5 ประกอบด้วยหน้าดิน:ฟิลเตอร์เค้ก:ขุยมะพร้าว:แกลบดำ:มูลไก่เก่า:มูลไก่ใหม่ สัดส่วน 3:2:1.5:1.5:1:1 โดยปริมาตร มีราคา 5,300 บาท และสุดท้ายวัสดุดินผสม T6 ดินรังสิต โดยใช้ปุ๋ยมูลวัวอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ รวมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ทุกหลังการเก็บเกี่ยว ราคา 5,135 บาท พบว่า วัสดุดินผสม T3 ให้กำไรสูงสุดเท่ากับ 15,729.00 บาท รองลงมาได้แก่ วัสดุดินผสม T4 ให้กำไร 14,505.94 และวัสดุดินผสม T5 สามารถคืนกำไรเท่ากับ 12,403.98 บาท

Ref. code: 25676609034514RAK

ตารางที่ 4.19 การประเมินต้นทุนและความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจสำหรับการปลูกกะเพราในวัสดุดินผสมดินผสมที่แตกต่างกัน

รายการ	วัสดุดินผสม					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ต้นกล้ากะเพรา (บาท)	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00
ชุดกระถางและจานรอง (บาท)	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00
ต้นทุนคงที่ (บาท)	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00
วัสดุดินผสม (บาท)	10,600.00	8,700.00	5,700.00	4,900.00	5,300.00	4,725.00
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (บาท)	-	-	-	-	-	410
ต้นทุนการจัดการวัสดุดินผสม (บาท)	10,600.00	8,700.00	5,700.00	4,900.00	5,300.00	5,135.00
ต้นทุนรวม (บาท)	28,600.00	26,700.00	23,700.00	22,900.00	23,300.00	23,135.00
น้ำหนักผลผลิตรวม (กิโลกรัม)	23.19	222.06	303.30	287.74	274.65	215.92
ราคาขายผลผลิต* (บาท/กิโลกรัม)	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00
รายได้สุทธิ (บาท)	3,014.18	28,867.28	39,429.00	37,405.94	35,703.98	28,069.00
กำไรสุทธิ (บาท)	-25,585.82	2,167.28	15,729.00	14,505.94	12,403.98	4,934.00

* ราคาขายผลผลิตมาจากแม็คโคร วันที่ 14 มกราคม 2568

Ref. code: 25676609034514RAK

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุดินผสมชนิดต่างๆ เมื่อทดสอบความหนาแน่นและความพรุนรวมของวัสดุดินผสม พบว่า วัสดุดินผสม T6 มีความหนาแน่นของดินมากที่สุด (1.22 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) สัมพันธ์กับความพรุนรวมที่มีค่าต่ำที่สุด (30.86 เปอร์เซ็นต์) เมื่อความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นสามารถส่งผลให้ความพรุนของดินลดลงและทำให้ช่องว่างในดินมีน้อย จึงมีอิทธิพลในเชิงลบต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำของดิน (อลงกรณ์ และคณะ, 2560) เนื่องจากมีเพียงดินเป็นองค์ประกอบและมีการเติมมูลโครวมกับปุ๋ยเคมีเพื่อให้มีธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ทำให้ วัสดุดินผสม T6 ขาดอินทรียวัตถุที่ช่วยเพิ่มรูพรุนภายในดินจึงทำให้ดินมีความหนาแน่นมาก Ramasamy et al. (2024) กล่าวว่า การใช้อินทรียวัตถุ เช่น เศษซากพืช ปุ๋ยพืชสด และถ่านชีวภาพ ช่วยเพิ่มความพรุนของดิน โดยกระตุ้นกิจกรรมทางชีวภาพและส่งเสริมการสร้างขนาดของรูพรุน การที่วัสดุดินผสมมีความหนาแน่นมากและความพรุนรวมน้อยทำให้กะเพราดูดซับธาตุอาหารในดินได้น้อยกว่าวัสดุดินผสมอื่นๆ สังเกตได้จากการสะสมธาตุอาหารหลักในส่วนเหนือดินของกะเพราที่ พบว่า มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด (4.14 0.08 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์) น้อยกว่าวัสดุดินผสมอื่นที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์อื่นๆ อาทิ เช่น ฟิลเตอร์เค้ก มีศักยภาพที่ดีในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน (Raza et al., 2021) ขุยมะพร้าวมีสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดีและระบายอากาศ (อนันต์, 2551) เป็นตัวดูดซับที่ดี มีการสลายตัวน้อยแต่จะมีการอัดตัวบ้างหลังปลูก (อาภารณ์ และ ชุลีมาศ, 2561) แกลบเผาเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา เมื่อผสมกับดินทำให้ดินเบาช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น การระบายอากาศ การซึมซับน้ำ การอุ้มน้ำ โดยโครงสร้างของแกลบเผาจะมีลักษณะพรุน มีช่องว่าง 80 เปอร์เซ็นต์ และอุ้มน้ำได้ 40 เปอร์เซ็นต์ (ศิราณี และบัญชา, 2556) เป็นต้น ซึ่งการใส่วัสดุอินทรีย์เหล่านี้จะช่วยเพิ่มปริมาณของอินทรียวัตถุได้ พิจารณาจากปริมาณอินทรียวัตถุที่วิเคราะห์ พบว่า วัสดุดินผสม T1-T5 มีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าวัสดุดินผสม T6 ประมาณ 3.7-4.7 เท่า ขณะที่ค่า EC ของวัสดุดินผสมทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.51-2.49 ไมโครซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งยังถือว่าอยู่ในช่วงที่มีความเค็มน้อย 2-4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งไม่ส่งผลต่อกะเพรา เนื่องจากกะเพราเป็นพืชทนเค็มจึงสามารถทดได้ 12-14 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี, 2559) ซึ่งวัสดุดินผสม T6 ยังพบว่ามีค่า EC เพิ่มขึ้นจากเดิม จากการเติมปุ๋ยเคมีในทุกๆ ครั้งหลังการเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ธงชัย และคณะ (2556) ซึ่งทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีโดยใช้ต้นมะเขือเทศเป็นพืชทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียทำให้ค่า EC ของวัสดุดินผสมมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.2 เป็น 4.24 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ย อีกทั้งยังเป็นวัสดุดินผสมที่มีความหนาแน่นสูง รูพรุนน้อยทำให้น้ำไหลผ่านได้ยาก ซึ่งค่า EC ของวัสดุดินผสมยังถือว่าอยู่ในช่วงที่มีความเค็มน้อย 2 ถึง 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งไม่ส่งผลต่อกะเพรา เนื่องจากกะเพราเป็นพืชทนเค็มจึงสามารถทดได้ 12 ถึง 14 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี, 2559)

Ref. code: 25676609034514RAK

การปลูกกะเพราด้วยวัสดุดินผสมที่แตกต่างกันส่งผลต่อเจริญเติบโตของกะเพราและปริมาณผลผลิตของกะเพรา โดยกะเพราที่ปลูกด้วยหน้าดิน ฟิลเตอร์เค้ก มูลไก่เก่า ขุยมะพร้าว และแกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร (T3) ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้น ในด้านความกว้างพุ่มและจำนวนกิ่ง (37.50 และ 24 เซนติเมตร) อีกทั้งยังส่งเสริมพื้นที่ใบของกะเพราเช่นเดียวกับการปลูกด้วยหน้าดิน ฟิลเตอร์เค้ก มูลไก่ใหม่ ขุยมะพร้าว และแกลบดำ สัดส่วน 3:2:2:1.5:1.5 โดยปริมาตร (T4) (12.36 และ 12.12 ตารางเซนติเมตร) จึงส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักสดของผลผลิตรวมทั้งหมดของกะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T3 (303.30 กรัมต่อต้น) เนื่องจาก วัสดุดินผสม T3 เป็นวัสดุที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดมาก (0.89 และ 0.30 เปอร์เซ็นต์) อีกทั้งกะเพรายังสามารถดูดซับธาตุเหล่านี้ได้ โดยสังเกตจากปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในลำต้นส่วนเหนือดินที่กะเพราอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก (4.23 และ 0.11 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่กะเพราอายุ 180 หลังย้ายปลูกยังคง พบว่า มีการสะสมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดในปริมาณมากแต่มีค่าน้อยกว่ากะเพราที่มีอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก 1.2 เท่า ไม่เพียงเท่านั้นเมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในราก พบว่า มีการสะสมของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดมากเช่นกัน (0.09 และ 4.11 เปอร์เซ็นต์) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สุปรีณา และขวัญใจ (2565) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุดินผสม พบว่า การใช้ปุ๋ยมูลไก่ที่มีส่วนผสมของดิน ฟิลเตอร์เค้ก ถ่านแกลบและมูลไก่ สัดส่วน 3:3:3:3 โดยปริมาตร ให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มากกว่าปุ๋ยมูลสัตว์ชนิดอื่น เท่ากับ 0.54 เปอร์เซ็นต์ 2,025.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 1,741.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และวัสดุดินผสม T3 ยังมีมูลไก่เก่าเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นมูลที่มีธาตุอาหารหลักค่อนข้างสูง ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมปริมาณเท่ากับ 4.4 2.1 และ 2.6 เปอร์เซ็นต์ (Brady and Well, 2002) Vidal et al. (2014) กล่าวว่า ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทในพืชทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่งอกจากเมล็ดจนผลิดอกออกผล อีกทั้ง Khan et al. (2023) ยังกล่าวว่าฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นในกระบวนการทางเมตาบอลิซึมและสรีรวิทยาต่างๆ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของใบ แตกต่างจากการปลูกกะเพราด้วยดินการค้าทั่วไป (T1) ซึ่ง พบว่า กะเพรามีการเจริญเติบโตทางลำต้นน้อยในทุกๆ ด้าน ทำให้มีผลต่อปริมาณน้ำหนักสดผลผลิตรวมของกะเพรา เมื่อเทียบกันแล้วจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำหนักสดผลผลิตรวมของกะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T3 มีค่ามากกว่า 12 ถึง 13 เท่า เช่นเดียวกับ เกศศิฐิ นทร์ และวโรดม (2566) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดินผสมจากวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิด พบว่า วัสดุดินผสมที่มีส่วนผสมของ ดิน กากมะพร้าวสับ แกลบดำ มูลไก่แกลบ อัตรา 2:1:0.5:1 ที่หมักนาน 3 เดือนให้ปริมาณน้ำหนักสดผักสลัดมากเท่ากับ 25.41 กรัม ซึ่งมากกว่าดินการค้าที่ให้น้ำหนักสดน้อยที่สุดเท่ากับ 0.28 กรัม

Ref. code: 25676609034514RAK

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ เมื่อพิจารณาที่กะเพราอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก จะสังเกตเห็นว่าปริมาณคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์ที่ดีกับค่า SPAD และพื้นที่ใบ โดยวัสดุดินผสม T3 ส่งเสริมกะเพราให้มีพื้นที่ใบ (19.99 ตารางเซนติเมตร) ค่า SPAD (32.96) คลอโรฟิลล์ เอ (0.59 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักสด) คลอโรฟิลล์ บี (0.80 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักสด) และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมาก (1.40 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักสด) ซึ่งใบพืชมักพบรงควัตถุที่ช่วยการสังเคราะห์แสงซึ่งเป็นกระบวนการหลักที่ช่วยให้ต้นไม้สร้างสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโต การมีพื้นที่ใบมากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง และส่งผลให้ผลผลิตมีน้ำหนักสดมากขึ้น โดย Demirsoy (2009) กล่าวว่า พื้นที่ใบเกี่ยวข้องกับการส่องผ่านของแสง การสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ การหายใจ การใช้ธาตุอาหาร การเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของผล อีกทั้งยังสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในกะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T3 ซึ่งโดยทั่วไปปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับไนโตรเจนในใบและความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืช (สิริมาส และคณะ, 2555) เมื่อพิจารณากะเพราที่อายุ 180 วันหลังย้ายปลูก กลับว่า กะเพราที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม T6 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และ คลอโรฟิลล์ทั้งหมดเท่ากับ วัสดุดินผสม T3 แต่กลับมีค่า SPAD น้อยกว่า โดย Marenco et al. (2009) อธิบายเกี่ยวกับผลลัพธ์นี้ว่ามีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า SPAD เนื่องจากเราใช้เครื่อง SPAD-502 ในการวัดความเขียวของใบ ซึ่งเป็นการใช้ลำแสงยิงผ่านใบเท่านั้น ทำให้มีหลายปัจจัยที่อาจรบกวนประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งได้แก่ ความหนาของใบ ความชุ่มฉ่ำของใบ และมวลใบจำเพาะ เป็นต้น ทำให้ค่าที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้

อีกทั้งวัสดุดินผสม T6 ยังส่งผลให้กะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก เกิดการสะสมสารประกอบฟีนอลิก และแอนโทไซยานินท์ทั้งหมดมากที่สุด (13.77 มิลลิกรัมแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง และ 0.78 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักแห้ง) เมื่อค่า SPAD ของผลผลิตเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ก็มีค่าเพิ่มขึ้น (เสรี และคณะ, 2557) โดยมีค่า SPAD มากเท่ากับ 33.46 ขณะที่วัสดุดินผสม T1 พบว่า กะเพราที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก มีปริมาณฟลาโวนอยนด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุด สวนทางกับผลของการเจริญเติบโต Kumar et al. (2023) พบว่า สารประกอบฟีนอลลิกไม่เพียงแต่ป้องกันความเครียดที่เกิดจากสภาพแวดล้อม แต่ยังควบคุมกิจกรรมทางสรีระวิทยา พืชมักสังเคราะห์สารเหล่านี้เพื่อความอยู่รอดโดยจะสร้างสารประกอบฟีนอกลิกขึ้นมาจำนวนมากเพื่อต่อต้านผลกระทบที่เกิดจากสิ่งเหล่านั้น ทำให้เราพบสารประกอบฟีนอกลิกที่มากกว่ากะเพราที่เจริญเติบโตได้ดีซึ่ง อารีรัตน์ และขวัญเรือน (2566) พบว่า ปริมาณฟีนอลิกรวมมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH assay เมื่อปริมาณฟีนอลิกมีค่าเพิ่มขึ้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกะเพราก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน

Ref. code: 25676609034514RAK

สำหรับความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ จะเห็นได้ว่าแม้วัสดุดินผสม T3 ซึ่งมีส่วนประกอบของหน้าดิน ฟิลเตอร์เค้ก ขุยมะพร้าว แกลบดำ มูลไก่เก่า สัดส่วน 3:2:1.5:1.5:2 โดยปริมาตร จะมีราคาวัสดุดินผสมที่แพงกว่า วัสดุดินผสม T4 แต่ทำให้กะเพรามีน้ำหนักสดผลผลิตรวมตลอดอายุ 180 วันดีที่สุด และได้รายได้สุทธิสูงที่สุด โดยมีค่ามากกว่า 1-2 เท่า ส่งผลต่อกำไรที่เพิ่มขึ้น จึงแนะนำให้เป็นวัสดุดินผสมอีกทางเลือกสำหรับเกษตรกรที่ปลูกกะเพราต้องการปลูกกะเพราที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวนานและไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยในทุกรอบการเก็บเกี่ยว

Ref. code: 25676609034514RAK

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. จากการศึกษาวัสดุดินผสมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกะเพรา พบว่า การใช้วัสดุดินผสมที่มีส่วนประกอบของหน้าดิน ฟิลเตอร์เค้ก ขุยมะพร้าว แกลบดำ และมูลไก่เก่า สัดส่วน 3:2:1.5:1.5:2 โดยปริมาตร ให้ผลการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตมากกว่าวัสดุดินผสมชนิดอื่นๆ ด้านความกว้างพุ่ม จำนวนกิ่ง และพื้นที่ใบมากที่สุด ขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับวัสดุดินผสม T2-T6 โดยน้ำหนักสดผลผลิตรวมทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 303.30 กรัมต่อต้น

2. ด้านคุณภาพผลผลิต พบว่า วัสดุดินผสม T3 ทำให้กะเพราที่อายุ 30 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 1.40 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักสด ขณะที่กะเพราอายุ 180 วันหลังย้ายปลูก พบว่า วัสดุดินผสม T3 และ T6 ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบกะเพรามากที่สุด

3. ด้านความคุ้มค่าทางเศษกิจ แม้วัสดุดินผสม T3 มีส่วนประกอบของหน้าดิน ฟิลเตอร์เค้ก ขุยมะพร้าว แกลบดำ และมูลไก่เก่า สัดส่วน 3:2:1.5:1.5:2 โดยปริมาตร จะมีราคาต้นทุนของวัสดุดินผสมที่แพงกว่าวัสดุดินผสม T4 และ T5 แต่มีราคาที่ถูกว่าวัสดุดินผสมการค้า วัสดุดินผสมเดิม และวัสดุดินผสม T6 ที่ต้องเติมปุ๋ยเคมีในทุกครั้งหลังการเก็บเกี่ยว อีกทั้งยังทำให้กะเพรามีน้ำหนักสดผลผลิตรวมตลอดอายุ 180 วัน ดีที่สุด และได้รายได้สุทธิสูงที่สุด อีกทั้งยังคงทำให้ได้คุณภาพผลผลิตในด้านปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด ถือว่าเป็นอีกวัสดุดินผสมที่คุ้มค่าแก่การลงทุน เกษตรกรที่สนใจการปลูกกะเพราแบบอินทรีย์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปลูกกะเพราหรือพืชตระกูลเดียวกันได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ก่อนเริ่มปลูกควรมีการพักโรงเรือนและการฉีดพ่นชีวภัณฑ์ก่อนเริ่มปลูก เพื่อป้องกันการเกิดโรคและแมลง ระหว่างการปลูกหมั่นตรวจเช็คกะเพรา ถ้ามีการออกดอกควรรีบตัดเพื่อไม่ให้ต้นกะเพราแก่เร็ว สำหรับการเก็บเกี่ยวกะเพราควรทำในตอนเช้าที่มีแดดไม่แรงมาก เพื่อป้องกันไม่ให้กะเพราเกิดการเฉา

Ref. code: 25676609034514RAK

รายการอ้างอิง

กรมการพัฒนาชุมชน. 2563. คู่มือการปลูกผักสวนครัวกรมการพัฒนาชุมชน. กรมการพัฒนาชุมชน, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตราฐานและคุณภาพ. เอกสารวิชาการเล่มที่ 17/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมเกษตร. 2566. Holy basil (Sacred basil). Agricultural Products. แหล่งที่มา: https://www.doae.go.th/en/holy-basil-sacred-basil/, 17 ตุลาคม 2567.

กฤษณวรรณ อิฐาม. 2564. การสำรวจนำร่องของระดับโลหะในดินผสมใบก้ามปูพร้อมปลูก. สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ก่องกานดา ชยมฤต. 2549. ลักษณะประจำวงศ์พรรณไม้ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. 88 หน้า.

กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช. 2565. คู่มือการผลิตเมล็ดพันธุ์กะเพรา. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กัลยา คุณาธิป. 2564. สารประกอบฟีนอลิกสามารถจำแนกเป็นกลุ่มได้จากโครงสร้างที่แตกต่างกัน. สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

เกศศิฐินทร์ แสงมณี และวโรดม คงพาละ. 2023. ประสิทธิภาพของดินปลูกจากวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดต่อสมบัติทางเคมีของดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดเรดปัตเตเวีย. วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร 1(2): 32-40.

ขจรยศ ศิรินิล และ อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์. 2563. การพัฒนาวัสดุดินผสมเพื่อการเพาะปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค. แก่นเกษตร 48(5): 990-1001.

โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. 2542. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 18. ดินและปุ๋ย. มูลนิธิโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. แหล่งที่มา: https://saranukromthai.or.th/ebookpage/19, 30 ตุลาคม 2567.

จตุพร ไกรถาวร. 2567. ผลของวัสดุปลูกร่วมกับการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและผลผลิตของกัญชาสายพันธุ์หางกระรอก. วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร 2(2): 40-51.

จีราภรณ์ อินทสาร ธัญจิตรา สุวรรณ์พิงคา และฉัตรปวีณ์ เดชจิรรัตนสิริ. 2566. ผลของกากตะกอนอ้อยต่อสมบัติทางเคมีดินบางประการในดินชุด 35 ของจังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 39(1): 59-70.

Ref. code: 25676609034514RAK

ฉลวย ดวงดาว กัญจน์รัชต์ ลชิตาวงศ์ ศิริวรรณ แดงภักดี และ ฐนชนก คำขจร. 2563. ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชผักในชุมชนเมือง. กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนา สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 กรมพัฒนาที่ดิน, ปทุมธานี.

ชลิตา ฤทธิ์เต็ม และขนิษฐา เขม้นเขตวิทย์. 2561. การเปรียบเทียบวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเมล่อนพันธุ์กรีนเน็ตในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ชัยภูมิ สุขสำราญ. 2563. ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโต และศักยภาพการผลิตผักลิ้นห่านในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต. วารสารแก่นเกษตร 48(3): 509-514.

เดชา ศิริภัทร. 2540. กะเพรา ผักพื้นบ้านและพืชศักดิ์สิทธิ์ของชาวฮินดู. นิตยาสารหมอชาวบ้าน เล่มที่ 215. แหล่งที่มา: https://www.doctor.or.th/article/detail/3967. 28 กุมภาพันธ์ 2568.

ทรายแก้ว อนากาศ ชุติมา จันทร์เจริญ พัฒน์พงษ์ เกิดหลำ พิลาสลักษณ์ ลุ่นลิ่ว และสาธิต กาละพวก. 2556. ผลของปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยเคมีต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลผลิต และคุณภาพของอ้อยในกลุ่มชุดดินที่ 36 จ.เพรชบูรณ์. กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8, กรมพัฒนาที่ดิน, เพรชบูรณ์.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2550. การปลูกพืชผักในโรงเรือน. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด , กรุงเทพฯ.

นพดล ชุ่มอินทร์ และ ทัศนุพันธุ์ กุศลสถิตย์. 2559. ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนโดยระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน. วารสารเกษตรพระวรุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 17(1): 33–40.

นภาพร จิตต์ศรัทธา และ วัชรวิทย์ รัศมี. 2562. ผลของชนิดวัสดุปลูกที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเมล่อน (Cucumis melo L.). วารสารวิจัยรำไพพรรณ 13(2): 17-24.

นุชจิรา พงศ์นิมิตประเสริฐ. 2563. อนุมูลอิสระและโรคอัลไซเมอร์. วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 15(3): 216-221.

ประภัสสร สมบัติศรี. 2567. ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าใบหยิก. RMUTI Journal. 17(3): 62-69.

ปิยภัทร ไตรสนธิ. 2560. แคโรทีนอยด์: ความสัมพันธ์ของโครงสร้างทางเคมีกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. อาหาร 47(2): 29-36.

ปิยาภัทร์ เข็มวิชัย. 2565 การศึกษาวัสดุเพาะเพื่อทดแทนการใช้พีทมอสในการเพาะกล้าผักสลัด. สำนักงานพิพิธภัณฑ์เกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (องค์การมหาชน), ปทุมธานี.

Ref. code: 25676609034514RAK

พรทิพย์ เติมวิเศษ นงนภัส เลาหวิจิตร และ มณทิรา เกษมสุข. 2558. คู่มือการกำหนดพื้นที่ส่งเสริมการปลูกสมุนไพรเพื่อใช้ในทางเภสัชกรรมไทย เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ. 304 หน้า.

พาลินทุ์ วุฒิชาติวานิช. 2558. ปัญหาดินเสื่อมโทรม กับอนาคตโลก. Industry network. แหล่งที่มา: https://www.ftpi.or.th/2015/2779. 28 กุมภาพันธ์ 2568.

พิพิธภัณฑ์เกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (องค์การมหาชน), ปทุมธานี.

พีระ ช้างเยาว์ คณาวุฒิ พันธนะบุญ สุพจน์ แก้วปินตา และศราวุฒิ หมวดชาลี. 2565. ระบบการให้น้ำพืชแบบอัจฉริยะ. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มิตรผลโมเดิร์นฟาร์ม. 2564. 5 ประโยชน์ของฟิลเตอร์เค้ก (Filter Cake) วัสดุปรับปรุงดินจากมิตรผล. Mitr phol modernfarm. แหล่งที่มา: https://www.mitrpholmodernfarm.com/news/2021/07/5-ประโยชน์ของฟิลเตอร์เค้ก-filter-cake-วัสดุปรับปรุงดินจากมิตรผล, 15 พฤศจิกายน 2566.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. บทบาทของอีลิซิเตอร์ด้านสรีระของพืช. วารสารดินและปุ๋ย 37(1-3):6-29.

โยษิตา นวลละออง. 2564. การเสริมกะเพราแดงและแหนเป็ดใหญ่ผงในสูตรอาหารไก่ไข่ที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

รัชนีกร นามบุดดี. 2564. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและฤดูกาลเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสารทุติยภูมิของกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วลัยพร สินสวัสดิ์ วรรณา ศรีเพ็ชราพร ประนอม สุขเกื้อ ชื่นสุมณ ยิ้มถิ่น อรุณี ชัยศรี และสิริยากร คล้ายสอน. 2564. การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบหนานเฉาเหว่ยและใบมะม่วงหาวมะนาวโห่. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา, พระนครศรีอยุธยา.

วุฒิพล จันทร์สระคู สราวุฒิ ปานทน เอกภาพ ป้านภูมิ วรรธนะ สมนึก รัติกาล ยุทธศิลป์ ณัฏฐ์ชยธร ขันติยะพุฒิเมธ รพีพร ศรีสถิตย์ และนฤทัย วรสถิตย์. 2565. การเปรียบเทียบโรงเรือนแบบหลังคาฟันเลื่อยและแบบหลังคาสองชั้นที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพืชผัก. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 28(1): 51-58.

ศิราณี วงศ์กระจ่าง และ บัญชา รัตนีทู. 2556. การจัดการดินทรายเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 5: 184-194.

ศุภวรรณ บุญระเทพ. 2549. การผลิตสารทุติยภูมิโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ 20(2): 185-191.

Ref. code: 25676609034514RAK

สถานีพัฒนาที่ดินสุพรรณบุรี. 2559. ความรู้เรื่องดินและการจัดการเพื่อการเกษตร. เอกสารเผยแพร่ประกอบ โครงการฝึกอบรม. สถานีพัฒนาที่ดิน, สุพรรณบุรี.

สัจจะ ประสงค์ทรัพย์. 2564. รายงานผลสำฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund). กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. แหล่งที่มา: https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2023/08/220โครงการวิจัยและพัฒนากำหนดเกณฑ์ปฏิบัติการผลิตพืชในโรงเรือน-Copy.pdf. 16 มกราคม 2568.

สัมพันธ์ สร้อยกล่อม นันทภัค มั่นคง สัญชัย ไชยพงศ์ และโสภา กลิ่นจันทร์. 2558. ปริมาณสารโพลีฟีนอลและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดกะเพราแดง. หน้า 344-349. *ใน*:การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2558.

สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน. 2553. ความรู้เรื่องดินสำหรับเยาวชน ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553. ประมวนสารสนเทศพร้อมใช้ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin). กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

สิริมาส วงศ์สุบรรณ กฤษณา กฤษณพุกต์ และลพ ภวภูตานนท์. 2555. การใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ประเมินระดับคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบส้มโอ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 : 40-50

สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์ ภารดี แซ่อึ้ง ขวัญเรือน บุญพร และ ยุพาภรณ์ วิริยะนานนท์. 2567. ผลของดินผสมจากผักตบชวาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบุ้งจีน. วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. 19(3): 91-104

สุธาทิพ ภมประวัติ. 2551. กะเพรา ราชินีสมุนไพร. นิตยาสารหมอชาวบ้าน เล่มที่ 355. แหล่งที่มา: https://www.doctor.or.th/article/detail/5799. 17 ตุลาคม 2567.

สุธีรา สุนทรารักษ์. 2557. การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยหมักเศษอาหารร่วมกับใบจามจุรีในการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6. หน้า 303-310. *ใน*:การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 52. วันที่ 4-7 กุมภาพันธ์ 2557.

สุบรรณ ฝอยกลาง ศรัญญา ม่วงทิพย์มาลัย ศศิธร ศรีสุวรรณ จุฑารักษ์ กิติยานุภาพ เมธา วรรณพัฒน์ และอนุสรณ์ เชิดทอง. 2562. การเสริมสูตรใบจามจุรีอัดเม็ดช่วยปรับปรุงจลนศาสตร์การผลิตแก๊สการย่อยได้และกระบวนการหมักในหลอดทดลอง. แก่นเกษตร 47 ฉบับพิเศษ 1: 801-806.

Ref. code: 25676609034514RAK

สุปรีณา ศรีใสคำ และขวัญใจ หรูพิทักษ์. 2565. การใช้ถ่านแกลบและกากตะกอนหม้อกรองโรงงานน้ำตาลร่วมกับปุ๋ยมูลสัตว์ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณคลอโรฟิลล์ของเมล่อน 4 พันธุ์ในสภาพโรงเรือน. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 8(1): 10-21.

เสรี เลาเทาะ ชิติ ศรีตนทิพย์ และปริญญาวดี ศรีตนทิพย์. 2557.ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอลิก และ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับค่าดัชนีความเขียวในผลผลิตของผักเชียงดา ภายใต้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 3: 795-801.

โสพส แซ่ลิ้ม. 2559. ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. กลุ่มวิจัยและพัฒนาจัดการอินทรียวัตถุ, กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

อดุลย์ศักดิ์ ไชยราช. 2565. กะเพราแดง แหล่งยาดี มีคุณค่าทางอาหารสูง. เทคโนโลยีชาวบ้าน. แหล่งที่มา: https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_195331, 11 พฤศจิกายน 2566.

อนงนาฎ ไพนุพงศ์. 2560. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ. วารสารวิชาการซายน์เทค มรภ.ภูเก็ต. 1(2): 20-27.

อนันต์ แสนเป็ง. 2551. การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเจอบีร่าเพื่อการค้า. มูลนิธิโครงการหลวง.

อนุชา วงศ์ปราณีกุล และทัศนัย ชัยเพ็ชร. 2562. กะเพรา พืชเศษฐกิจความหวังใหม่ของอุสาหกรรมอาหารและยา. ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชเขตร้อน, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรกำแพงแสน, นครปฐม.

อมรรัตน์ ชุมทอง ศราวุฒิ นาคปาน และศักรินทร์ ขำนุรักษ์. 2565. ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้ากระถาง. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 9(2): 59-65.

อลงกรณ์ วงศ์หมั่น, กัญจน์ชญา เม้าสิ้ว และจรัณธร บุญญานุภาพ. 2557. ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดินต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำของดินในพื้นที่แหล่งต้นน้ำที่ได้รับ ผลกระทบจากดินถล่ม. หน้า 9-16. *ใน*: การประชุมวิชาการ “ทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม” ครั้งที่ 2. วันที่ 15 ธันวาคม 2560. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

อาภารณ์ ทองบุราณ และชุลีมาศ บุญไทย อิวา. 2561. ผลของการใช้แกลบดำต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และ *Eisenia foetida* ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. แก่นเกษตร 46(1): 105-116.

Ref. code: 25676609034514RAK

อารักษ์ ธีรอำพล. 2546. รายงานการวิจัยการทดสอบระบบการปลูกและสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแตงเทศ โดยไม่ใช้ดิน:ระยะที่ 2. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

อารีรัตน์ ใสส่อง และขวัญเรือน นาคสุวรรณ์กุล. 2566. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดหยาบของไลเคน *Parmotrema gardneri* (C.W.Dodge) Sérus. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 25 (2): เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม

Agba, O.A. 2019. Effects of Poultry Manure on the Growth and Yield of Basil Plant (*Ocimun gratissimum*) in a Tropical Utilsol Soil. J. Exp. Agric. Int. 38(3): 1-10.

Ambolkar, A., Rakt, A. and Vayeda, V. 2023. To Study Pharmacognosy and Phytochemistry of Holy Basil (Tulsi). Int. J. Novel Res. Devel. 8(1): 2456-4184.

Ampro Health. 2022. กะเพรา ผักยอดนิยมของคนไทย ราชินีแห่งสมุนไพร ป้องกันโรคและไข้หวัดได้. สมุนไพร. แหล่งที่มา: https://amprohealth.com/herb/holy-basil/, 11 พฤศจิกายน 2566.

AOAC. 2023. Official methods of analysis of AOAC International. 22th edn. AOAC International, Maryland. International. 21st Edition, AOAC, Washington DC.

Arunkumar, S. 2021. Soil Physical and Chemical Properties in Relation to Plant Growth. AgriCos e-Newsletter. 2(8): 64-66.

Asgharipour, M. and Rafiei, M. 2011. Effect of Different Organic Amendments and Drought on the Growth and Yield of Basil in the Greenhouse. Adv. Environ. Biol. 5(6): 1233-1239.

Basavaraju, T. B., Nanjappa, H. V. and Umesha, K. 2012. Influence of Integrated Nutrient Management Practices on Growth and Yield of Holy Basil (*Ocimum sanctum* L.) Intercropped with Coconut. Mysore J. Agric, Sci. 46 (3): 567-572.

Bechtaoui, N., Rabiu, M. K., Raklami, A., Oufdou, K., Hafidi, M. and Jemo, M. 2021. Phosphate-Dependent Regulation of Growth and Stresses Management in Plants. Front. Plant Sci. 12: 679916.

Blank, A. F., Arrigoni-Blank, M. de F., Silva, P. de A., Torres, M. E. R. and Menezes, H. J. de A. 2003. Effects of substrate compositions on Ocimum gratissimum L. seedling production. Rev. Cienc. Agron. 34(1): 5-8.

Ref. code: 25676609034514RAK

Brady, N.C. and R.R. Weil, 2002. The nature and properties of soils, 13th Ed. Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA. 960p.

Butkhup, L. 2011. Dietary Polyphenols and Their Biological Effects. J Sci Technol MSU. 31(4): 443-445.

Dakshayani, L., Merchant, N., Smitha, S., Surendra, G., Reddy, T. G., Mamatha, D., Deepthi, G., Ramana, D. V., Chandrasekhar, T., and Reddy, M. C. 2021. Holy basil: A potential herbal source for therapeutic applications. CTBP. 15(1): 87-100.

Demirsoy, H. 2009. Leaf area estimation in some species of fruit tree by using model as a non-destructive method. Fruit 64:45-51.

Dewi, T. K., Mubarok, W. E. and Antonius, S. 2020. Study of Plant Growth Promoting Bacteria from Coconut coir Bust. Environ. Earth Sci. 439: 012037.

Ellison, S. L. 2016. Carotenoids: Physiology, pp. 670-675. Food and Health. In: Caballero, B. Finglas, P. F. and Toldrá, F. (eds.). Encyclopedia of Food and Health. elsevier, Wisconsin, USA.

Ferreyra, M. L. F., Rius, S. P. and Casati, P. 2012. Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications. Front. Plant Sci. 3: 1-15.

Francis, F. J. 2002. Food colorings. In MacDogall, DB. Colour in food : improving quality. Boca Raton, Fla. : CRC Press , Cambridge, Woodhead Pb., 377p.

Gunda, V., Padma, M., Rajkumar, B. M., Cheena, J. Vijaya, D. and Srinivasa Chary, D. 2022. Studies on effect of organic manures on growth and yield parameters of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under Telangana. PIJ. 11(12): 1548-1552.

Hewidy, M., Sultan, E., Elsayed, M. and Abdrabbo, M. A. A. 2014. Conventional Basil Production in Different Growing Media of Compost, Vermicompost or Peat-Moss with Loamy Soil. JHSOP. 6(2): 82-89.

Huang, L., Yu, P. and Gu, M. 2018. Effects of chicken manure compost and high percentage of biochar on container-grown basil (*Ocimum basilicum*)©. Acta Hortic. 1212: 351-356

Jadhav, S.S., Gaikwad, A.S. and Karape, P.J. (2023) Plant nutrition and fertilizer management in horticultural crops. In: N. Ubale et al. (Eds.), Modern Horizons in Horticulture Emerging Trends and Technologies. Chapter 4, pp. 41-84. Elite Publishing House, New Delhi, India.

Ref. code: 25676609034514RAK

Khan, F., Siddique, A. B., Shabala, S., Zhou, M., and Zhao, C. 2023. Phosphorus Plays Key Roles in Regulating Plants' Physiological Responses to Abiotic Stresses. Plants 12: 2861.

Khater, EI. S., Bahnasawy, A., Abass, W., Morsy, O., Ghobashy, H. EI., Shaban, Y. and Egela, M. 2021. Production of basil (Ocimum basilicum L.) under different soilless cultures. Sci. rep. 11:12754.

Klomklang, U. Kulsirilak, N. Intaravicha, N. and Supakata, N. Vermicompost from Chula Zero Waste Cup and Rain Tree (*Samanea Saman*) Leaves. Eng. J. 25(4): 1-10.

Kumar, K., Debnath, P., Singh, S. and Kumar, N. 2023. An Overview of Plant Phenolics and Their Involvement in Abiotic Stress Tolerance. Stresses 3: 570–585.

Kuzyakov, Y. and Zu, X. 2013. Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance. New Phytol. 198: 656-669.

Lin, D., Xiao, M., Zhao, J., Li, Z., Xing, B., Li, Z., Kong, M., Li, L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, H., Qin, W., Wu, H. and Chen, S. 2016. An Overview of Plant Phenolic Compounds and Their Importance in Human Nutrition and Management of Type 2 Diabetes. Mol. 21: 1374.

Lucky worm. 2565. วิธีการทำใบก้ามปูหมักก่อนนำไปใช้ปลูกต้นไม้. แหล่งที่มา: https://www.luckyworm.net/ใบก้ามปูหมัก%2F, 13 กันยายน 2566.

Malav, P., Pandey, A., Bhatt, K. C., Krishnan, S. G. and Bisht, I. S. 2015. Morphological variability in holy basil (*Ocimum tenuiflorum* L.) from India. Genet. Resour. Crop Evol. 62: 1245–1256.

Malik, M. S., Rafique, M., Ahmed, R., Mohmud, S., Khan, S. A. and Bhatty, M. K. 1986. Essential oils of the species of labiatae. Pakistan J. Sci. Ind. Res. 29(2):111-112.

Mandla, R. and Dutta, G. 2020. From photosynthesis to biosensing: Chlorophyll proves to be a versatile molecule. Sens. Int. 1: 100058.

Marenco, R. A., Antezana-Vera, S. A., and Nascimento, H. C. S. 2009. Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. Photosynthetica 47 (2): 184-190

Martins, T., Barros, A. N., Rosa, E. and Antunes, L. Enhancing Health Benefits through Chlorophylls and Chlorophyll-Rich Agro-Food: A Comprehensive Review. Mol. 28: 5344.

Ref. code: 25676609034514RAK

Nassour, R., Ayash, A. and Al-Tameemi, K. 2020. Anthocyanin pigments: Structure and biological importance. JCPS. 13(4): 45-57.

Panche, A. N., Diwan, A. D. and Chandra, S. R. 2016. Flavonoids: an overview. J. Nutr. Sci. 5(47): 1-15.

Patane, P. and Vibhute, A. 2014. Chlorophyll and Nitrogen Estimation Techniques: A Review. Int. J. Eng. Res. 2(4): 33-41.

Pietta, P. G. 2000. Flavonoids as antioxidants. J. Nat. Prod. 63: 1035-1042.

Raimondi, G., Giordano, M., Pedalino, A., El-Nakhel, C., Pannico, A., Di Stasio, E., Maiello, R., De Pascale, S., Rouphael, Y. and Fascella, G. 2021. Configuration of greenhouse sweet basil nutritional quality in response to cultivar and growing media. Acta Hortic. 1305(25): 179-184.

Raza, Q. U. A., Bashir, M. A., Rehim, A., Sial, M. U., Ali Raza, H. M., Atif, H. M., Brito, A. F. and Geng, Y. 2021. Sugarcane Industrial Byproducts as Challenges to Environmental Safety and Their Remedies: A Review. Water 13: 3495.

Sah, A. K., Vijaysimha, M. and Mahamood, M. D. 2018. The Tulsi, Queen of Green Medicines: Biochemistry and Pathophysiology – A Review. Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res. 50(2):106-114.

Salé, M. M. Pereira, A. S. Junior, H. L., Neutzling, C., Santos, P. M., Schiedeck, G. and Dorneles, A. O. S. 2021. Carbonized rice husk as an alternative substrate for *Ocimum basilicum* L. seedling production. Acta Agron. 70(1): 93-100.

Singh, B. (2018). Rice husk ash. In Waste and supplementary cementitious materials in concrete (pp. 417-460). Elsevier.

Singh, D. and Chaudhuri, P. K. 2018. A review on phytochemical and pharmacological properties of Holy basil (*Ocimum sanctum* L.). Ind. Crop. Prod. 118: 367–382.

Solbach, J. A., Fricke, A. and Stuützel, H. 2023. Compensation of adverse growing media effects on plant growth and morphology by supplemental LED lighting. PLOS one. 18(9): e0291601.

Tangpao, T., Chung, H. H. and Sommano, S. R. 2018. Aromatic Profiles of Essential Oils from Five Commonly Used Thai Basils. Foods 7: 175.

Th data. 2021. กะเพรา. แหล่งที่มา: https://thai-herbs.thdata.co/page/กะเพรา/, 11 พฤศจิกายน 2566.

Ref. code: 25676609034514RAK

Tsiraki, M. I., and Savvaidis, I. N. 2013. Effect of packaging and basil essential oil on the quality characteristics of whey cheese “Anthotyros”. Food Bioproc. Tech. 6(1): 124-132.

Utomo, B. and Purwanti, D. S. 2023. Effect of Applying of Rain Tree Leaf (*Samanea saman* Jacq Merr) as Green Manure on The Growth of Sunflower (*Helianthus anuus* L.). JAPT 2(1): 74-85.

Vidal, E. A., Moyano, T.C., Canales, J. and Gutierrez, R.A. 2014. Nitrogen control of developmental phase transitions in Arabidopsis thaliana. JXB. 65(19): 5611-5618.

Walianggen, A. 2022. Biochar Rice Husk Charcoal on Growth and Production of Long Bean Plants (*Vigna sinensis* L.): Formulation Analysis. AGARICUS: Advances Agriculture Science & Farming 2(1): 1-6.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q. and Guo, S. 2013. The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. Int. J. Mol. Sci. 14: 7370-7390

Wang, Q., Li, S., Li, J. and Huang, D. 2024. The Utilization and Roles of Nitrogen in Plants. Forests 15: 1191.

Xu, X., Du, X., Wang, F., Sha, J., Chen, Q., Tian, G., Zhu, Z., Ge, S. and Jiang Y. 2020. Effects of Potassium Levels on Plant Growth, Accumulation and Distribution of Carbon, and Nitrate Metabolism in Apple Dwarf Rootstock Seedlings. Front. Plant Sci. 11:904.

Yilmaz, G., Karadağ, H., Saraçoğlu, D. and Öcalan, O. N. 2023. Effects of biochar applications on growth, nutrient content and biochemical properties of *Ocimum basilicum* L. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus. 22(5): 55–62.

Zorb, C., Senbayram, M. and Peiter, E. 2014. Potassium in agriculture – Status and perspectives. J. Plant Physiol. 171: 656-669.

Ref. code: 25676609034514RAK

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	เสาวคลธ์ บุญแก่น
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2565: วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	ปีงบประมาณ 2566: ทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตามสัญญา เลขที่ ทบ. 35/2566 ปีงบประมาณปี 2568: ทุนสนับสนุนนักศึกษาบันฑิตศึกษาเพื่อนำเสนอผลงานวิทยานิพนธ์ในต่างประเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

เสาวคลธ์ บุญแก่น อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์ และพฤกษ์ ชุติมานุกูล. 2568. การพัฒนาวัสดุปลูกสำหรับการผลิตกะเพรา (*Ocimum tenuiflorum* L.) เชิงการค้า. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 1(8): 26-35.

Thompson, D. K., Thepsilvisut, O., Imorachorn, P., **Boonkaen, S.**, Chutimanukul, P., Somyong, S., Mhuantong, W. and Ehara, H. 2025. Nutrient Management Under Good Agricultural Practices for Sustainable Cassava Production in Northeastern Thailand. Resources 2025, 14, 39.

Ref. code: 25676609034514RAK