การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานสรีรวิทยาของใบต่อปริมาณสารพฤกษเคมี ในใบพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.)

Changes in Morpho-Physiological Traits on Phytochemical Contents in Kratom (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) Leaves

เวธนี พรหมจันทร์

Wethanee Phromchan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Plant Science
Prince of Songkla University

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานสรีรวิทยาของใบต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.)

Changes in Morpho-Physiological Traits on Phytochemical Contents in Kratom (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) Leaves

เวธนี พรหมจันทร์

Wethanee Phromchan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Plant Science
Prince of Songkla University

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานสรีรวิทยาของใบต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.)

ผู้เขียน นางสาวเวธนี พรหมจันทร์

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ระวี เจียรวิภา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. สายัณห์ สดุดี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ระวี เจียรวิภา)

.....กรรมการ

(ดร. ทัศนี ขาวเนียม)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เถกิง วงศ์ศิริโชติ)

รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ระวี เจียรวิภา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ .....
(นางสาวเวธนี พรหมจันทร์)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ .....
(นางสาวเวธนี พรหมจันทร์)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานสรีรวิทยาของใบต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.)
ผู้เขียน นางสาวเวธนี พรหมจันทร์
สาขาวิชา พืชศาสตร์
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ตามแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย ซึ่งมีนโยบายนำพืชสมุนไพรท้องถิ่นที่มีศักยภาพมีสรรพคุณทางยาทางแพทย์แผนไทยและภูมิปัญญาชาวบ้านในแต่ละภูมิภาคมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ให้ความสำคัญอย่างยิ่งกับกระบวนการต้นน้ำ ให้ได้วัตถุดิบสมุนไพรที่ได้มาตรฐาน มีคุณภาพ ตรงกับความต้องการทางการตลาด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ระยะพัฒนาการของใบ และองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของพืชกระท่อม ตลอดจนศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของใบพืชกระท่อม โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ 1) อิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม โดยทดสอบการใช้ปุ๋ยดังนี้ : ชุดควบคุม (ไม่ให้ปุ๋ย) (N0) ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 15-15-15 (N15) ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 21-0-0 (N21) และปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 15-15-15 +15% พ่นทางใบ (N15+15) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ข้อมูลสรีรวิทยาพืช ปริมาณสารสำคัญและธาตุอาหารในใบภายหลังการให้ปุ๋ยทุกทรีตเมนต์ 30 วัน 45 วัน และ 60 วัน และ 2) ผลของอุณหภูมิร่วมกับสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการยืดอายุเก็บรักษา โดยใช้อุณหภูมิในการเก็บรักษา คือ 15 และ 25°ซ (อุณหภูมิห้อง) และความเข้มข้นของไคโตซาน 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% พร้อมบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงลักษณะสรีรวิทยาและสัณฐานของใบในช่วงเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 1 3 6 9 12 และ 15 วัน ผลการทดลองที่ 1 พบว่า การให้ปุ๋ยสูตร N15+15 ส่งผลให้มีน้ำหนักใบ พื้นที่ใบ ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม รวมถึงอัตราการการสังเคราะห์แสงสูงที่สุด ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสารไมทราไจนีน พบว่า ระยะใบคู่ที่ 3 มีปริมาณไมทราไจนีนสูงสุด 4.54 เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก/น้ำหนัก การสะสมชีวมวลในส่วนต่างๆ ของพืชกระท่อมไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ การสะสมธาตุอาหาร พบว่า แตกต่างต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการให้ปุ๋ยสูตร N15 โดยมีการสะสมไนโตรเจน และโพแทสเซียมสูงทั้ง 3 ระยะพัฒนาการของใบ การให้ปุ๋ย N15+15 มีการสะสมปริมาณฟอสฟอรัสสูงในระยะคู่ใบที่ 3 และ 5 ขณะเดียวกัน ในชุดควบคุม (N0) และ N21 ส่งผลให้พืชมีการสะสมแคลเซียม และแมกนีเซียมสูงที่สุดทั้ง 3 ระยะพัฒนาการของใบพืชกระท่อม ส่วนการทดลองที่ 2 ผลการทดลอง พบว่า การเก็บรักษาใบที่อุณหภูมิ 15°ซ ร่วมกับไคโตซานความเข้มข้น 0.5% ทำให้มี

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°ซ อีกทั้งยังพบว่า ทั้งสองอุณหภูมิทำให้ใบเปลี่ยนสี (a*, b* และ L*) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่า ไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง (20.05-26.57 มก./ตร.ซม.) ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 15°ซ (22.87-32.05 มก./ตร.ซม.) การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การใช้อุณหภูมิต่ำร่วมกับการใช้สารไคโตซานเคลือบผิวสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาใบพืชกระท่อมได้นาน 15 วัน โดยผลการศึกษาดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการปุ๋ยแก่พืชกระท่อม เพื่อให้พืชมีการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตใบ และมีปริมาณสารพฤกษเคมีสูง ขณะเดียวกัน การใช้อุณหภูมิต่ำร่วมกับใช้สารเคลือบผิวไคโตซาน สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของผลผลิตใบพืชกระท่อมได้ ทั้งนี้ควรมีการศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาใบต่อไป

Thesis Title Changes in Morpho-Physiological Traits on Phytochemical Contents in Kratom (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) Leaves

Author Miss Wethanee Phromchan

Major Program Plant Science

Academic Year 2022

ABSTRACT

The national master plan for developing Thai herbs policy promotes using local medicinal plants that have potential benefits. Recently, Kratom leaf (Mitragyna speciosa) was listed as a legal herb and has become one of the most demanded herbs in the Thai local medicinal and consumer market. Thus, in order to supply the market demand with high quality, phytochemical constituents in the leaves need to be consistent with the quality standards. This study aimed to compare the growth development stage and phytochemical constituents in the leaves under different fertilizer applications. The first experiment was conducted with four different chemical fertilization (N-P-K) rates: nil fertilization (N0) (control); 15-15-15 (N15); 21-0-0 (N21); 15-15-15 plus foliar fertilizer (N15+15). It was found that the fertilizer application of N15+15 resulted in increased leaf weight, leaf area, plant height, stem diameter, and canopy width, enhancing the photosynthetic rate. For the mitraginine changes, it was found that development of the third leaf pair the highest mitraginine content of 4.54 %w/w. The biomass accumulation in plant parts of Kratom were not different. All parts of the plant were accumulated in similar amounts in all treatments. Nutrient accumulation in the leaves was significantly different in the different fertilization rates. In all three stages of leaf development, N15 fertilization had high nitrogen and potassium accumulations, while fertilizing N15+15 had an increased accumulation of phosphorus in the third and fifth leaf pair stages. On the other hand, the control treatment (N0) and N21 resulted in the accumulation of calcium by plants and the highest magnesium in all three developmental stages of Kratom. The experimental results approved that appropriate fertilizer application was vital to enhance leaf growth, leaf production, and phytochemical contents in the fresh leaves of Kratom

plants. After harvesting the kratom leaves, they tend to deteriorate rapidly during storage. Thus, with an objective to address the issue, the second experiment was to the effects of storage temperature and chitosan coating on the Kratom leaves during their shelf-life. The experiment set two different temperatures: (15 and 25 °C), for the storage of the Kratom leaves, which were coated with varying concentrations of chitosan: 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0%. It was found that the low temperature could extend the shelf life of the chitosan-coated Kratom leaves. The leaf coated with chitosan 0.5% showed less percentage of weight loss under the storage temperature of 15 °C than that of 25 °C. Both storage temperatures did not affect the changes in the Kratom shelf-life leaf color (a*, b*, and L*). However, the chlorophyll contents of leaves stored at 15 °C (22.87-32.5 mg/cm^2) were higher than at 25 °C (20.05-26.57 mg/cm^2). The experiment found that storing the chitosan-coated leaf at a low temperature could extend the shelf life of Kratom leaves by 15 days. The research findings would contribute to formulating the crop management guideline for Kratom plants. The phytochemical contents in the leaves varied with the plants' fertility, crop management, and the growing area environment. However, further studies are needed on the packaging and leaf active substances to ensure efficient storage for the Kratom leaves.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้เขียนขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ระวี เจียรวิภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาเสียสละเวลา ให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ ด้วยการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแนวทางการแก้ไขปัญหาการทำวิจัย ตลอดจนการเขียนและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์ อีกทั้งยังเป็นผู้สนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงการให้กำลังใจและข้อคิดในด้านต่างๆ ทั้งงานวิจัย การเรียน และการใช้ชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ ขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ สดุดี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.ทัศนี ขาวเนียม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาในคำแนะนำและตรวจสอบปรับแก้เล่มวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2565 รวมถึงทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (สัญญาเลขที่ NAT6601310S) ที่สนับสนุนทุนวิจัยงานมูลฐาน (Fundamental Fund : FF) ประจำปี 2566

ขอขอบคุณคณาจารย์เอกวิชาพืชศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความรู้และคำปรึกษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำเอกวิชาพืชศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ขอบคุณนักศึกษาปริญญาโท สาขานิเวศสรีรวิทยาพืช เอกวิชาพืชศาสตร์ (คุณพรเทพ ธีระวัฒนพงศ์ คุณชุติกาญจน์ แสนเสนาะ คุณนัฐริษา ลิ่มจำเริญ คุณขนิษฐา ปานโบ คุณเอมฤดี มณีรัตน์ และคุณบุญฑริกา กุลศิลป์) ที่มีส่วนช่วยในการเก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณบุคลากรแปลงทดลองพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย รวมไปถึงคุณคอลิด วาลีดง ที่ให้ความอนุเคราะห์ต้นกล้าสำหรับใช้ในการทดลองในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณพ่อเฉลิม พรหมจันทร์ และคุณแม่วรรณี พรหมจันทร์ เป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนในการศึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีที่สุดเสมอมา ตลอดจนพี่น้องในครอบครัวที่ค่อยช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนสำเร็จการศึกษาปริญญาโท

เวธนี พรหมจันทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(12)
รายการภาพภาคผนวก	(14)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	10
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	
วัสดุและอุปกรณ์	11
วิธีการ	14
3. ผล	22
4. วิจารณ์	44
5. สรุป	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	60
ประวัติผู้เขียน	66

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ของระหว่างปริมาณ Mitragynine (%) กับปริมาณธาตุอาหาร (%) ในใบพืชกระท่อม	37
2	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชกระท่อมที่อุณหภูมิ 15 และ 25 °ซ และความเข้มข้นของไคโตซาน 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0%	42

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 1 ถึงคู่ใบที่ 5 ของพืชกระท่อม	15
2	การเจริญเติบโตด้านพื้นที่ใบ (A) ความสูงของต้นพืชกระท่อม (B) ความกว้างทรงพุ่ม (C) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (D) ที่ระยะเวลา 30, 45 และ 60 วัน หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15)	24
3	การตอบสนองทางสรีรวิทยาของใบพืชกระท่อมด้านอัตราการสังเคราะห์แสง (CO_2 assimilation rate : A) (A) อัตราการคายน้ำ (H_2O transpiration rate : E) (B) และค่าการชักนำการเปิดปิดของปากใบ (Stomatal conductance to CO_2 : g_s) (C) หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15) ในวันที่ 30 45 และ 60 วัน หลังการให้ปุ๋ย	27
4	สัดส่วนน้ำหนักสด (A) และน้ำหนักแห้งของใบ (B) ที่ระยะพัฒนาการของใบที่ต่างกันภายหลังจาก 135 วัน หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15)	29
5	สัดส่วนมวลชีวภาพของใบ (A) ลำต้น (B) กิ่ง (C) และราก (D) ที่อายุ 135 วัน หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15)	31
6	สัดส่วนมวลชีวภาพภายในต้นพืช ใบ กิ่ง ลำต้น และราก ที่อายุ 135 วัน หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15)	32

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
7	ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชหลังให้ปุ๋ย 135 วัน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (A) เปอร์เซ็นโพแทสเซียม (B) %ฟอสฟอรัส (C) %แคลเซียม (D) และ %แมกนีเซียม (E) หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15)	34
8	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชกระท่อมหลังจากการให้ปุ๋ย 30 45 และ 60 วัน ในแต่ละทรีตเมนต์ (A) และปริมาณไมทราไจนีนในใบพืชกระท่อมที่ระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 1 3 และ 5 หลังให้ปุ๋ย 135 วัน ในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15) (B)	36
9	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของใบพืชกระท่อมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ (T15) และ 25°ซ (T25) ในช่วง 15 วัน (A) และความเข้มข้นของไคโตซาน (0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0%) (B)	40
10	การเปลี่ยนแปลงของความสว่าง (L*) (A1 และ A2) (15°ซ และ 25 °ซ) ความเขียว-แดง (a*) (B1 และ B2) (15°ซ และ 25 °ซ) และการเปลี่ยนแปลงของสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) (C1 และ C2) ของใบพืชกระท่อมที่เคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% ที่อุณหภูมิ 15°ซ (A1, B1 และ C1) และ 25 °ซ (A2, B2 และ C2) เป็นระยะเวลา 0 1 3 6 9 12 และ 15 วัน ตามลำดับ	41
11	ลักษณะใบพืชกระท่อมหลังเคลือบไคโตซาน ระดับความเข้มข้น 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% และที่อุณหภูมิ 15 °ซ (A1-E1) และ 25°ซ (A2-E2) ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 15 วัน	43

รายการภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	พัฒนาการด้านความสูงของลำต้น (A) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าพืชกระท่อม (B) ช่วงระยะเวลา 4 – 6 เดือน (สัปดาห์ที่ 10)	60
2	ลักษณะต้นกล้าของพืชกระท่อมอายุ 6 เดือน ใช้สำหรับการทดลองอิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อมโดยการให้ปุ๋ยสูตร Control (A) 21-0-0 (B) 15-15-15 (C) และ 15-15-15 ร่วมกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนทางใบ (D)	61
3	ความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์ใบต่อปริมาณสารไมทราไจนีน (%)	62
4	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รายวันในอากาศระหว่างเดือนสิงหาคม 2563-มีนาคม 2564 บริเวณโรงเรือนเพาะชำแปลงทดลองพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	63
5	การเปลี่ยนแปลงของแสงในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. ระหว่างเดือนกันยายน 2563 - มกราคม 2564 บริเวณโรงเรือนเพาะชำ สภาพพรางแสง และสภาพกลางแจ้ง แปลงทดลองพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	64
6	แผนผังสรุปการวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานสรีรวิทยาของใบต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.)	65

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

พืชกระท่อม (Kratom; *Mitragyna speciosa*) เป็นพืชเฉพาะถิ่นแถบประเทศไทยและมาเลเซีย มีการนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น ใช้ถอนฝิ่น และใช้ยับยั้งการใช้ยาเสพติดชนิดอื่น (Wang *et al.,* 2014) พืชกระท่อมมีการกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย เช่น ภาคกลาง บริเวณจังหวัดปทุมธานี แต่ส่วนมากพบได้ในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส พัทลุง สงขลา ตรัง สตูล นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี ฯลฯ รวมถึงทางตอนบนของประเทศมาเลเซีย (กิตติศักดิ์, 2561)

ปัจจุบันประเทศไทยมีนโยบายนำสมุนไพรท้องถิ่นของแต่ละภูมิภาคมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์เพิ่มมากขึ้น ทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชน จึงได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาสมุนไพรเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตในอุตสาหกรรมยาในอนาคต เช่นเดียวกับการใช้สมุนไพรในการรักษาโรคอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ แถบเอเชีย เช่น ประเทศอินเดีย เกาหลี ญี่ปุ่น ฯลฯ ที่นิยมใช้เพื่อลดการใช้ยาสังเคราะห์ (Seidl, 1999)

พืชกระท่อมจัดเป็นพืชเสพติดให้โทษประเภทที่ 5 ตามพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522-2564 แต่ในหลายประเทศมิได้ระบุว่าเป็นยาเสพติดให้โทษ โดยประเทศไทยได้ประกาศในพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 7) 2562 ได้มีผ่อนปรนใช้เพื่อรักษาตามคำสั่งของแพทย์แล้ว ต่อมามีการยกเลิกพืชกระท่อมออกจากพระราชบัญญัติดังกล่าว และอนุมัติให้ปลูกและใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ได้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อเศรษฐกิจของประชาชนมากที่สุด ตามพระราชบัญญัติพืชกระท่อม พ.ศ. 2565 ให้ไว้ ณ วันที่ 26 สิงหาคม 2565 และได้มีผลบังคับใช้ในวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2565 (สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, 2564) และอาจเป็นพืชสมุนไพรเศรษฐกิจได้ในอนาคต โดยทั่วไปได้มีการนำใบพืชกระท่อมมาใช้ในการรักษาโรคเบาหวาน หรือใช้ระงับอาการปวดเมื่อยทางร่างกาย ท้องบิด ปวดท้อง ท้องร่วง หรือนำมาใช้ในการรักษาโรคเบาหวาน หรือแก้อาการปวดเมื่อยตามร่างกาย (จุไรทิพย์, 2554) นอกจากนี้ได้มีการรายงานองค์ประกอบทางเคมีของสารที่พบในพืชกระท่อม และด้านพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อมหลายชนิด โดยสารพฤกษเคมีที่พบในใบพืชกระท่อมมีหลากหลายกลุ่ม โดยเฉพาะ Mitragynine และสารอื่นๆ ได้แก่ สเปซิโอไจนีน (Speciogynine) ไพแนนทีน (Paynanthine) และสเปซิโอซิเลียทีน (Speciociliatine) ซึ่งมีสรรพคุณทางยาได้เป็นอย่างดี ขณะเดียวกัน ยังมีสารต้าน

อนุมูลอิสระ ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น (Parthasarathy *et al*., 2009) สามารถบรรเทาอาการเจ็บปวด และยังมีการใช้เป็นสารกระตุ้นร่างกายในกลุ่มแรงงานเพื่อให้มีความอดทนต่ออุณหภูมิสูงในการทำงานกลางแดด (บริโภคใบสด) (Garcia-Romeu *et al*., 2017) ซึ่งปัจจุบัน พืชกระท่อมมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผงพืชกระท่อมบด ใบแห้ง น้ำพืชกระท่อมและพืชกระท่อมแคปซูล (กิตติศักดิ์, 2561) ด้วยเหตุนี้พืชกระท่อมจึงได้รับการคาดหวังว่าเป็นพืชทางเลือกในการนำมาเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตยารักษาโรคต่างๆ ในอนาคต

จึงศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม รวมถึงอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของใบพืชกระท่อม เพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตใบพืชกระท่อมในเชิงพาณิชย์ต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. ประวัติการใช้ประโยชน์พืชกระท่อม

พืชกระท่อมถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านการแพทย์ของคนแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มานานกว่า 150 ปี โดยใช้ใบพืชกระท่อมเป็นสารกระตุ้นในการทำงาน ช่วยบรรเทาอาการปวด และผ่อนคลาย (Veltri and Grudmann, 2019) ส่วนในสหรัฐอเมริกาและยุโรปมีการใช้ผลิตภัณฑ์ในร้านค้าปลีกกว่า 10,000 แห่ง มูลค่าสูงถึง 207 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Henningfield *et al.,* 2017) โดยเฉพาะพืชกระท่อมที่นำเข้าจากประเทศไทย และมาเลเซีย (Babu *et al*., 2008; Takayama *et al*., 2004)

พืชกระท่อม (Kratom; *Mitragyna speciosa*) อยู่ในวงศ์ Rubiaceae เช่นเดียวกับกาแฟ มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย พม่า และปาปัวนิวกินี หรืออยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Eisenman, 2015) นิยมใช้เพื่อรักษาโรค ตามประเพณีของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พืชกระท่อมมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามพื้นที่ เช่น เบี๊ยะ (Biak หรือ Ketum) (มาเลเซีย) โคดาม (Kodam) (อินโดนิเซีย) ไนทุม (Nrithum) (ลาว) ส่วนในประเทศไทย ภาคเหนือเรียกว่า กระอ่วม หรืออีแดง ภาคกลาง เรียกว่า อีถ่าง และภาคใต้ เรียกว่า ท่อม (เต็ม, 2557) ส่วนคำว่า “Mitragyna” ตั้งโดยนักพฤกษศาสตร์ชาวดัตช์ Korthals เนื่องจากใบและกลิ่นของดอกคล้ายกับรูปร่างของตุ้มปี่ของบิชอป (Bishop's) หรือหมวกที่มุขนายกสวมใส่ ทั้งนี้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2486 ได้มีการประกาศในพระราชบัญญัติให้พืชกระท่อมเป็นพืชที่ห้ามปลูก ครอบครอง จำหน่าย และเสพใบ ทำให้การปลูกผิดกฎหมาย ต่อมาในปี พ.ศ. 2522 ได้จัดให้กระกระท่อมเป็นพืชเสพติดประเภทที่ 5 ตามพระราชบัญญัติยาเสพติด พ.ศ. 2522 เช่นเดียวกับกัญชา (Parthasarathy *et al*., 2013, กองควบคุมวัตถุเสพติด, 2555) พืชกระท่อมถือเป็นสมุนไพรพื้นบ้านของไทย หมอตำแยใช้เป็น

ส่วนผสมยาเพื่อการคลอดบุตรได้ง่ายขึ้น ลดอาการถ่ายบิดเป็นเลือด โรคความดันโลหิตสูง และยังช่วยรักษาโรคกระเพาะอาหาร และใช้ตำและพอกในชาวมลายูเพื่อใช้สมานแผลอีกด้วย (จุไรทิพย์, 2554) ในใบพืชกระท่อมสามารถพบสารไมทราไจนีน (Mitragynine) ร้อยละ 0.25 และส่วนอื่นๆ ได้แก่ สเปซิโอไจนีน(Speciogynine) ไพแนนทีน (Paynanthine) และสเปซิโอซิเลียทีน (Speciociliatine) ซึ่งมีสรรพคุณใช้เป็นยาได้เป็นอย่างดี เภสัชวิทยาของพืชกระท่อมและสารพฤกษเคมีของพืชกระท่อมได้มีการศึกษาที่เพิ่มขึ้นในสิบกว่าปีที่ผ่านมาในประเทศญี่ปุ่นและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Warner *et al*., 2016)

วิธีการนำใบพืชกระท่อมมาใช้ร่วมกับเภสัชวิทยาและสมุนไพร เกษตรกรหรือกลุ่มผู้คนที่ใช้แรงงาน มักจะเสพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน โดยจะเคี้ยวใบสด 2-3 ใบ หรือนำใบมาตากให้แห้งจากนั้นบดเป็นผง ชงด้วยน้ำดื่มและเติมเกลือลงไปด้วยเล็กน้อยเพื่อช่วยบรรเทาอาการท้องผูก หรือ มวนใบสูบ เป็นต้น ทำให้ผู้ใช้รู้สึกมีร่างกายที่สบายตัว ทนแดด สามารถทำงานได้ยาวนานขึ้น เมื่อใช้ไปสักระยะอาจทำให้เกิดความต้องการในปริมาณที่สูงขึ้น ทำให้ผู้ใช้มีอาการเบื่ออาหาร ผิวดำ และท้องผูก หากไม่ได้ใช้มักจะมีอาการขาดยา โดยมีอาการปวดกล้ามเนื้อ กระวนกระวาย หงุดหงิดง่าย น้ำมูก และน้ำตาไหล เป็นต้น จากการศึกษาของ ช่อลดา และคณะ (2545) ได้มีการสำรวจการใช้พืชกระท่อม พบว่า พืชกระท่อมมีการใช้มากในกลุ่มวัยรุ่นในรูปแบบ 4x100 โดยจะมีการผสมสูตรต่างๆ ลงไป ส่วนผสมของน้ำต้มใบพืชกระท่อมผสมยาจุดกันยุง และโคล่า หรือส่วนผสมของน้ำเชื่อม (ยาแก้ไอ) เป็นต้น (Drug Enforcement Administration, 2019)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชวงศ์กระท่อม

เต็ม (2557) ได้ระบุว่า พืช *Mitragyna* ที่พบในประเทศไทย 5 โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อทั่วไป และชื่อสามัญ ได้แก่ *M. speciosa* (Korth.) Havil. คือ พืชกระท่อม ท่อม และ อีถ่าง กลุ่ม *M. diversifolia* (Wall ex G. Don) Havil. ได้แก่ พืชกระท่อมขี้หมู กระทุ่มดง กระทุ่มนา และท่อมขี้หมู กลุ่ม *M. hirsute* Havil. คือ กระทุ่มโคก ตุ้มเขา และทุ่มพาย กลุ่ม *M. parvifolia* Korth. คือ กระทุ่มใบเล็ก และ กลุ่ม *M. rotundifolia* (Roxb.) Kuntze คือ กระทุ่มเนิน แก่นเหลือง และตุ้มกว้าว เป็นต้น

2.1 *Mitragyna speciosa*

เป็นไม้ยืนต้นที่มีความสูงขนาดกลางประมาณ 4-16 ม. (สมนึก, 2559) ลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดใหญ่ ใบรูปไข่ขอบขนาน กว้าง 5-10 ซม. และยาว 8-14 ซม. เรียงตัวเป็นคู่ตรงข้ามกัน หูใบรูปหอกที่ระหว่างก้านใบ (Interpetiolar stipule) ก้านใบมีทั้งชนิดที่เป็นสีแดงหรือสีเขียว

เรียงตัวเป็นคู่ตรงข้าม ใบมีรสขมเฝื่อน ลักษณะของดอกมีสีขาวอมเหลือง ลักษณะเป็นช่อตุ้มกลม ขนาด 3-5 ซม. (กองควบคุมวัตถุเสพติด, 2555) ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีสีขาวอมเหลือง ออกเป็นช่อตุ่มกลมที่ปลายกิ่ง ขนาด 3-5 ซม. ซึ่งจะมีดอกย่อยประมาณ 70-80 ดอก มีผลคล้ายแคปซูล ซึ่งภายในมีเมล็ดลักษณะแบน (จุไรทิพย์, 2560) จำนวนดอก 120 ดอกต่อช่อ แต่ละช่อเป็นกลุ่มทรงกลมสีเหลืองเข้ม (Hassan *et al*., 2013) พืชกระท่อมมีลักษณะและสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน เช่น ยักษ์ษาใหญ่ (รูปใบใหญ่) แตงกวา (ก้านเขียว) และก้านแดง จังหวัดที่พบได้ในภาคกลาง เช่น นนทบุรี และปทุมธานี ส่วนในภาคใต้พบได้ในจังหวัดสงขลา ยะลา ปัตตานี นราธิวาส พัทลุง ตรัง สตูล นครศรีธรรมราช และจังหวัดสุราษฎร์ธานี หรือทางตอนบนในประเทศมาเลเซีย (สาวิตรี และคณะ, 2563)

2.2 *Mitragyna ciliata*

Dongmo และคณะ (2003) ได้ศึกษาพืช *M. ciliata* (Aubrév. & Pellegr) ซึ่งจัดอยู่ในสกุล Mitragyna (พืชวงศ์เข็ม) พบได้ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนของเอเชียและแอฟริกา เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ สูงประมาณ 15-30 ม. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 12 ถึง 15 ม. เปลือกลำต้นสีเทา แตกเป็นร่องตามยาว แตกกิ่งก้านตั้งฉากกับลำต้น เปลือกรากมีสีดำ ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงตรงข้ามกัน ใบรูปรี กว้าง 7-17 ซม. ยาว 20 ซม. ปลายใบเป็นติ่งแหลม โคนใบมน ขอบใบเรียบ หลังใบเรียบเป็นมัน ท้องใบมีขนหรือบางครั้งเกลี้ยง ก้านใบยาว 2-4 ซม. มีหูใบรูปสามเหลี่ยม ดอกออกเป็นช่อกลมแน่น ออกที่ปลายกิ่ง ดอกย่อยมีขนาดเล็ก สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอม กลีบดอกมี 5 กลีบอัดแน่นอยู่บนแกนช่อดอก โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบ โคนเชื่อมติดกัน เกสรตัวผู้มี 5 อัน เกสรตัวเมียยาวสีขาว ผลเป็นผลรวมที่เกิดจากวงกลีบเลี้ยงเชื่อมติดกัน รูปทรงกลม ผิวขรุขระ เมล็ดมีขนาดเล็กมาก พบตามป่าเบญจพรรณ และป่าดิบทั่วๆไป ชอบขึ้นตามที่ลุ่มต่ำแฉะทั่วไปตามป่าราบ ตำรายาไทย ใช้ใบและเปลือกต้น ลดความดันโลหิต ต้มน้ำกินแก้ไข้ แก้ปวดมดลูก แก้โรคลำไส้ และอมกลั้วคอแก้อาการอักเสบของเยื่อเมือกในปาก ราก ฝนหรือต้มรับประทานเป็นยาเย็นดับพิษไข้ทั้งปวง แก้ตัวร้อน ดับพิษตานซางของเด็ก ดับพิษวัณโรค ผล เป็นยาฝาดสมาน แก้ท้องร่วง (Owolabi *et al.,* 2020) นอกจากนี้ พบว่า *M. ciliata* มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยามากมายรวมถึงฤทธิ์ต้านมาลาเรีย ฤทธิ์ทริปพาโนซิล ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ป้องกันโรคหัวใจ เป็นต้น (Djè *et al.,*1997)

2.3 *Mitragyna parvifolia*

M. parvifolia เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่สูง 40 ถึง 50 ฟุต ลำต้นตั้งตรง และแตกแขนง ใบมีสีเขียวเข้ม เรียบง่าย ตรงข้าม เรียบ โค้งมนและแตกละเอียด ก้านใบยาว 1 ถึง 4 ซม. ดอกออกที่หัวขั้ว มีกลิ่นหอม สีขาวครีมหรือสีเหลือง ออกเป็นกระจุกรูปลูกกลม ก้านมีกาบคู่คล้ายใบรูปขอบขนาน ผลมีลักษณะที่จัดเรียงคล้ายแคปซูลลักษณะกลม แยกเดี่ยว 2 ถึง 3 มม. ภายในมีเมล็ดขนาดเล็กจำนวนมาก (Godofredo, 2021) Vasmatkar และคณะ (2014) ได้ศึกษาพืชดังกล่าว พบว่าสามารถเติบโตในพื้นที่แห้งแล้งของอินเดีย ปากีสถาน และศรีลังกา ได้รับการรับรองด้วยคุณสมบัติทางยาที่หลากหลาย และใช้กันอย่างแพร่หลายโดยชนเผ่าชุมชนที่อาศัยอยู่และผู้ประกอบวิชาชีพด้านการแพทย์ทั่วไปอื่นๆ สำหรับคุณสมบัติในการรักษา เช่น ยาแก้ปวด ยาต้านจุลชีพ ยากันชัก สารต้านอนุมูลอิสระ ยาลดไข้ Antiarthritic ยาลดอาการเบาหวาน ต้านการอักเสบ Antinociceptive ผลวิตกกังวล ไข้จุก เสียด ปวดกล้ามเนื้อ แสบร้อนเป็นพิษ ความผิดปกติทางนรีเวช อาการไอ และบวมน้ำ โดยใช้เปลือกและราก ปริมาณน้ำนมแม่ในมารดาที่ให้นมบุตรจะเพิ่มขึ้นด้วยน้ำผลไม้ และยังใช้ในการรักษาโรคมาลาเรีย ท้องร่วง และการขับพยาธิออกไปอีกด้วย ใบใช้ในการรักษาบาดแผลพุพอง เพื่อบรรเทาอาการปวดบวม และทำให้การรักษาดีขึ้น แม้ว่าพืชจะมีฤทธิ์ต้านจุลชีพได้ดี แต่ยังไม่มีรายงานถึงการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของใบและสารสกัดจากเปลือกเมทานอลิก

3. ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืช

3.1 แสง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

แสง สภาพแวดล้อมด้านแสง พืชกระท่อมเมื่อได้รับแสงที่เพียงพอจะทำให้ใบมีสีเขียวชอุ่ม จะทำให้มีการเจริญเติบโตที่ดีในแดดปานกลางถึงกลางแจ้ง ซึ่งจะแสดงออกทางใบ โดยใบมีสีเขียวมีเส้นใบสีแดงที่โดดเด่น ส่วนด้านอุณหภูมิ พืชกระท่อมเป็นพืชเขตร้อน โดยอุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีอยู่ในช่วง 21-32 °ซ สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงถึง 35.5 °ซ อย่างไรก็ตามความร้อนที่สูงเกินไปอาจทำให้พืชชะลอการเจริญเติบโต (Kratom Loung, 2009) ต้นพืชกระท่อมที่มีอายุมากจะมีระบบรากที่แข็งแรงหยั่งลึกในดินสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ ทั้งนี้หากปลูกในโรงเรือนต้องมีแสงสว่างเพียงพอและควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต ความชื้นสัมพัทธ์ปานกลาง ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูงมีแนวโน้มทำให้ใบพืชกระท่อมมีคุณภาพดี มีความเงางาม หากมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำหรือไม่เหมาะสม ใบพืชกระท่อมอาจมีลักษณะหยาบหรือมีสีที่เปลี่ยนแปลงไป และผลัดใบขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและสภาพแวดล้อม

3.2 คุณสมบัติของดิน

สภาพแวดล้อมของดินที่เหมาะสมกับพืชกระท่อม คือ ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีการระบายน้ำที่เพียงพอ และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 หากดินที่เป็นด่างสูงจะทำให้ใบพืชกระท่อมแสดงอาการเป็นสีเหลือง การเพิ่มกำมะถันหรือใบสนแห้งสามารถช่วยปรับสมดุลค่า pH ของดินได้ (Hassan *et al.,* 2013)

3.3 ธาตุอาหาร

เป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาการลักษณะสัณฐานและสรีรวิทยาของใบ โดย Al-Humaid (2005) รายงานว่า สารอัลคาลอยด์ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางถึงสูงต่อปริมาณอัตราของไนโตรเจน นอกจากนี้ Zhang และคณะ (2020) ได้ศึกษาผลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณอัลคาลอยด์ในพืชกระท่อม พบว่า อัตราการให้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช มีความสัมพันธ์กับปริมาณอัลคาลอยด์ภายในใบ อัตราการให้ปุ๋ยมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของสาร อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสง รวมถึงการจัดการการดูแลรักษาพืชผละผลผลิตที่จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและปริมาณสารอัลคาลอยด์ในพืชได้ (Leonor *et al.,* 2014)

3.4 พัฒนาการของพืช

การเจริญเติบโตของพืชถือหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตสารอัลคาลอยด์ที่มีคุณภาพและปริมาณสูง (Vu *et al*., 2006) ต่อปริมาณสารไมทราไจนีน (Shellard *et al*., 1978) ในการผลิตพืชสมุนไพรให้ได้สารสำคัญที่มีปริมาณสูงนั้นจึงขึ้นกับสภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ดิน และแสง เป็นต้น (เอกรินทร์ และคณะ, 2548) รวมถึงระยะพัฒนาการของพืช คือ การเปลี่ยนแปลงทางด้านรูปร่างลักษณะภายนอกและภายในที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ (สมบูรณ์, 2554) และการพัฒนาการเป็นผลทำให้โครงสร้างภายในและการทำงานของเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้ลักษณะทางเคมีภายในเซลล์เปลี่ยนแปลงด้วย อีกทั้งยังส่งผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมี ระยะพัฒนาการของใบที่ต่างกันส่งผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมี (ภานุวัฒน์ และคณะ, 2560) ซึ่งในใบพืชกระท่อมยังไม่พบการศึกษาระยะพัฒนาการของใบต่อปริมาณพฤกษเคมี ได้มีงานวิจัยรายงานว่าการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐาน และสรีรวิทยาแต่ละตำแหน่งคู่ใบของกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2 ในสภาพร่มเงา และระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 3 มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คอโรฟิลล์

ทั้งหมด และปริมาณแคโรทีนอยด์ สูงที่สุด (ณัฐวิทย์ และคณะ, 2562) นอกจากนี้ ความเข้มข้นของสารทุติยภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะใบมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น (Mun Hue *et al*., 2011) อย่างไรก็ตาม ปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุ์พืช ระยะพัฒนาการของใบ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ที่สามารถส่งผลต่อระดับการสังเคราะห์สำพฟกษเคมีในพืชได้ (Li *et al.,* 2018)

4. การขยายพันธุ์พืชกระท่อมและการดูแลรักษา

พืชกระท่อมสามารถขยายพันธุ์ด้วยวิธีอาศัยเพศหรือจากเมล็ด แต่อัตราการงอกต่ำ เมล็ดใหม่ที่ได้มาจากต้นต้องปลูกภายใน 2-3 สัปดาห์ เพราะเมล็ดจะสูญเสียความงอกอย่างรวดเร็ว ส่วนวิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เช่น การปักชำ และการตอนกิ่ง (Ninjabotanicals, 2019) ต้องใช้วัสดุปลูกและใช้ฮอร์โมนช่วยในการกระตุ้นราก ทั้งนี้ สารควบคุมการเจริญเติบโตและสารกำจัดเชื้อราอาจส่งผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่สูงขึ้น การปักชำต้นพืชกระท่อมควรเพาะปลูกในกระถางขนาดใหญ่หรือกระบะทราย เพื่อให้รากสามารถแพร่กระจายและรับความชื้นได้ดี ทำให้ต้นสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ในกรณีปลูกลงดินต้องตัดแต่งกิ่งเป็นระยะ เนื่องจากมีแนวโน้มเติบโตค่อนข้างดี และต้องมีการให้ปุ๋ยทุกๆ 2-3 สัปดาห์ (Kratom Loung, 2009)

5. สารพฤกษเคมีในพืชกระท่อม

สารพฤกษเคมี (Phytochemical) เป็นกลุ่มสารเคมีที่มักพบในพืชสมุนไพร โดยสามารถแบ่งตามสารตั้งต้นได้เป็น 2 กลุ่ม คือ สารปฐมภูมิ (Primary metabolites) เป็นสารที่มีอยู่ในพืชชั้นสูงทั่วไป พบในพืชทุกชนิด เป็นผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) เช่น คาร์โบไฮเดรท ไขมัน โปรตีน เม็ดสี (Pigment) และเกลืออนินทรีย์ (Inorganic salt) เป็นต้น และสารทุติยภูมิ (Secondary metabolites) เป็นสารประกอบที่มีลักษณะค่อนข้างพิเศษ พบต่างกันในพืชแต่ละชนิด เป็นไปได้ว่าเกิดจากกระบวนการชีวะสังเคราะห์ (Biosynthesis) ที่มีเอนไซม์ (Enzyme) เข้าร่วมกระบวนการ สารประกอบประเภทนี้มีอัลคาลอยด์ (Alkaloid) แอนทราควิโนน (Anthraquinone) น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) เป็นต้น (กมลลักษณ์ และคณะ, 2562) ในที่นี่จะกล่าวเฉพาะสารที่มักพบในพืชกระท่อมทั่วไปมีหลากหลายกลุ่ม เช่น Flavonoids, Phenolic compounds และ Alkaloids โดยส่วนใหญ่จะพบสารกลุ่ม Indole alkaloids มากในพืชกระท่อม (วุฒิเชษฐ, 2563) สารอัลคาลอยด์ในใบพืชกระท่อม ใบของพืชกระท่อมมีสารอัลคาลอยด์มากกว่า 25 ชนิด ปริมาณสารอัลคาลอยด์ทั้งหมดในใบพืชกระท่อมอยู่ในช่วง 0.5-1.5% (Hassan *et al.,* 2013) อีกทั้งมีรายงานว่า 7-hydroxymitragynine ซึ่งเป็นส่วนประกอบย่อยของ *M. speciosa* มีความแรงมากกว่ามอร์ฟีน 13 เท่า พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้ง

การสร้างยับยั้งการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในหนู (Takayama, 2004) และของ Mitragynine 46 เท่า (Matsumoto *et al*., 2004; Shellard *et al*., 1978)

ไมทราไจนีน (Mitragynine) เป็นสารกลุ่มสารอัลคาลอยด์หลักที่สามารถพบได้มากที่สุดในใบพืชกระท่อม หรือคิดเป็นร้อยละ 0.25 (วุฒิเชษฐ, 2563; Shellard, 1989; Kikura-Hanajiri *et al*., 2009) นอกจากนี้ ยังมีอีกหลายชนิดประกอบอยู่ภายในใบ ได้แก่ 7-hydroxymitragynine สเปซิโอไจนีน (Speciogynine) ไพแนนทีน (Paynanthine) และสเปซิโอซิเลียทีน (Speciociliatine) ตามลำดับ ซึ่งทั้งสิ้นจะเป็นสารจำพวกสารอัลคาลอยด์ทั้งหมด ประมาณร้อยละ 0.5 ซึ่งแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูก และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของใบนั้นๆ ปริมาณสารพฤกษเคมีต้องมีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) หรือวิธีการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography - Mass Spectrometry (LC-MS)

6. การยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตสด

สรวิศ (2556) ผักและผลไม้ตามธรรมชาติมักจะมีไข (Wax) ปกคลุมผิวด้านนอก โดยประโยชน์ของไข คือ ป้องกันการสูญเสียน้ำ แต่ไขเหล่านี้มักจะถูกชะล้างออกไปในกระบวนการเตรียมผลิตผลก่อนจำหน่าย ทำให้มีอายุสั้น เก็บรักษาได้ไม่นาน มีระยะเวลาขนส่งและวางจำหน่ายเพียงช่วงสั้นๆ เท่านั้น ทั้งในแง่ความทนทานต่อสภาพการเก็บรักษาและความสวยงามในการวางจำหน่าย ผลผลิตการเกษตรจะเสียหายระหว่างการขนส่งเป็นจำนวนมาก ถือเป็นทางตันที่แก้ไขได้ยากที่สุดอย่างหนึ่งสำหรับอุตสาหกรรมการส่งออกพืชผลทางการเกษตรของไทย ผักและผลไม้สดหลังการเก็บเกี่ยว อาจพบโรคและแมลงเข้าทำลาย เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคและส่งผลต่อผลิตผล ได้แก่ สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ และความชื้น ในส่วนของพืชเกิดจากการเกิดบาดแผล การหายใจ การสูญเสียน้ำในใบ เป็นต้น

การควบคุมอายุการเก็บรักษาด้วยการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นตัวกำหนดการเก็บรักษาให้มีคุณภาพ เนื่องจากอายุการเก็บรักษาพืชแตกต่างกันไปตามชนิด การควบคุมปัจจัยสำคัญที่สุด 2 ประการ ได้แก่ การหายใจและการคายน้ำ (Department of Primary Industries and Regional Development, 2016) โดยหลักการทั่วไปในการเก็บผลผลิต ทำได้โดยให้ผลิตผลอยู่ในบริเวณหรือภาชนะในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยต่อกิจกรรมเมตาบอลิซึม และจัดการให้เหมาะสมกับชนิดพืชจะสามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพได้ช้าลง ควบคุมกิจกรรมด้านการหายใจของพืช (สังคม, 2542) นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์ที่ช่วยรักษาคุณภาพผักยังส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา เช่น ถุงโพลี-โพรพิลีน (Polypropylene) เจาะรู หรือถุงโลวเดนซิตี้โพลีเอทธิลีน (Low density polyethylene) ฟิล์มที่เหมาะสมกับการยืดอายุผลผลิตมีคุณสมบัติที่สามารถดัดแปลงสภาพ

บรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ให้เป็นสภาวะสมดุล (Equilibrium modified atmosphere ; EMA) ซึ่งเป็นหลักการหนึ่งในกลุ่มเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ ที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นเทคโนโลยีการรักษาความสดและถนอมอาหารแห่งศตวรรษที่ 21 มีผลต่อการชะลอการหายใจ การคายน้ำ และการเสื่อมสภาพของผลผลิต สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าเดิม 2-5 เท่า โดยรสชาติ กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการไม่เปลี่ยนแปลง (วรรณี และคณะ, 2548)

6.1 การใช้อุณหภูมิต่ำยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตสด

อุณหภูมิเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการยืดอายุของพืชหลังการเก็บเกี่ยว มีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาผลผลิตทางการเกษตร การใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาจะทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ ของเอนไซม์ลดลง ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการหายใจลดลงเช่นกัน อีกทั้งยังช่วยลดการคายน้ำ ชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผล และลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหาร นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลลินทรีย์บางชนิดที่เข้าทำลายผลิตผล เนื่องจากจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตในทิศทางเดียวกับอุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะสูง เนื่องจากกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ผลิตผลและการทำงานของจุลินทรีย์ ส่งผลให้ผลผลิตเกิดความเสียหายและเก็บรักษาได้ในระยะเวลาที่สั้นลง ดนัย และนิธิยา (2537) รายงานว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10°ซ ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นเร็วประมาณ 2 เท่า ยกตัวอย่างการเก็บรักษาส้มที่อุณหภูมิ 20°ซ อุณหภูมิประมาณ 40°ซ อัตราการหายใจจะลดลง เพราะโปรตีนหรือเอนไซม์ต่างๆ ที่จำเป็นในกระบวนหายใจเริ่มแปลงสภาพ (Denature) และที่อุณหภูมิต่ำสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ ลดลง ลดการหายใจ ชะลอการใช้อาหารสะสมในผลิตผล (ประสิทธิ์, 2557) รายงานว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 1-2 สัปดาห์ (Temporary storage) อุณหภูมิที่ได้รับการแนะนำ 12°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity; RH) 90-95% สำหรับพืชบางชนิดง่ายต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว เช่น พืชใบเขียวในเขตร้อน (Tropical leafy greens) ผักโขมอุณหภูมิที่แนะนำต่อการเก็บรักษา คือ 7.5-10°ซ ความชื้นไม่น้อยกว่า 90% (Cantwell and Kasmire, 2002) ในทำนองเดียวกันการเก็บรักษากะเพราในถุงปิดสนิทไม่เจาะรูที่อุณหภูมิ 13°ซ มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นเวลา 9 วัน (ชวนพิศ และคณะ, 2548) นอกจากนี้พบว่า อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่ออายุการวางจำหน่ายผักเหลียงที่อุณหภูมิห้อง โดยใบผักเหลียงแบบพร้อมปรุงที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนเจาะรูวางจำหน่ายต่อที่อุณหภูมิห้องได้นาน 3 วัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°ซ เป็นระยะเวลา 15 วัน (กนกพร, 2560)

6.2 การใช้ไคโตซานยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตสด

ไคโตซานเป็นสารสกัดชีวภาพที่ได้จากธรรมชาติ จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตผสมที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนติดอยู่ด้วย ทำให้มีคุณสมบัติที่โดดเด่น และหลากหลาย มีประสิทธิภาพสูงในกิจกรรมชีวภาพ และยังย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ สามารถย่อยสลายได้ง่าย จึงเป็นสารที่มีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม สารไคตินหรือไคโตซาน มีลักษณะพิเศษในการนำมาใช้ดูดซับและจับตะกอนต่างๆ ในสารละลาย แล้วนำสารกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งเป็นการหมุนเวียนตามระบบธรรมชาติ (กมลศิริ, 2546) มีการศึกษาที่ได้มีการนำไคโตซานมาใช้ในผักและผลไม้เพื่อการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว และการประยุกต์ใช้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม และกระตุ้นการเกิดกระบวนการป้องกันตนเองของเนื้อเยื่อพืชจึงนิยมนำมาใช้เคลือบผิวผักและผลไม้สด (Devlieghere *et al*., 2004) ในบางกรณีสารเคลือบไคโตซานอาจมีฤทธิ์ต้านจุลชีพซึ่งได้รับการรับรองโดย องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration ; USFDA) ที่ได้ระบุว่าเป็นสารปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Generally recognized as safe) (Romanazzi *et al*., 2015) ขณะเดียวกัน ยังมีการใช้ไคโตซานในการยืดอายุอาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งเป็นวิธีการเคลือบผลไม้ ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวที่มักพบปัญหาจากการเน่าเสียจากเชื้อราหรือมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทั้งลักษณะภายในและภายนอก โดยการเคลือบผิวสามารถช่วยลดอัตราการซึมผ่านของน้ำและก๊าซต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และเอทิลีน มีผลให้ชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเปลี่ยนสีของผลไม้ จึงช่วยชะลอการสุกของผลไม้และยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ได้นานขึ้นรวมทั้งรักษาความสดและเนื้อของผลไม้ให้มีคุณภาพดีขึ้นด้วย (No *et al.,* 2007) การใช้ นอกจากนี้ มีงานวิจัยโดยการใช้ไคโตซานในการเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาใบมอนสเตอร่าเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการประดับและตกแต่งสถานที่ พบว่า ไคโตซานมีประสิทธิภาพในการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพของใบ และปริมาณการสูญเสียจำนวนของใบได้ (Altieri *et al*., 2005) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบการศึกษาปัจจัยที่ช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาในผลผลิตใบพืชกระท่อมโดยใช้อุณหภูมิต่างๆ หรือการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมซึ่งจะมีส่วนสำคัญในการรักษาคุณภาพของผลผลิตยาวนานขึ้นได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญในใบพืชกระท่อม

2. เพื่อรักษาคุณภาพของผลผลิตใบพืชกระท่อมโดยการยืดอายุการเก็บรักษาใบพืชกระท่อม

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ/อุปกรณ์

1. วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุพืช

- ต้นกล้าพืชกระท่อมบริเวณ ต.บ้านพลีใต้ อ.นาทวี จังหวัดสงขลา อายุ 4 เดือน อนุบาลต้นกล้า 1 เดือน (ต้นกล้า อายุ 5 เดือน) ก่อนทำการทดลอง จำนวน 120 ต้น

2. เครื่องมือในการเก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาพืช

- เครื่องวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ (Dualex) (รุ่น DX19007, Force A, France)
- เครื่องวัดพื้นที่ใบ (Leaf area meter) (รุ่น LI-3000C, Licor, USA)
- เครื่องวัดระบบการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis systems) (รุ่น LI-6800, Licor, USA)
- เครื่องวัดระยะทาง (Laser distance meter) (รุ่น GLM40, Bosch, China)
- เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Temperature and humidity datalogger) (รุ่น DT-172, China)
- เครื่องวัดปริมาณความเข้มแสง (Light meter) (รุ่น Sun system, USA)
- กล้องถ่ายภาพ DSLR (Camera) (รุ่น D5600, Nikon, Japan)

3. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1 สารเคมีที่ใช้สกัดตัวอย่าง

- เมทานอล (Methanol; MeOH), J.T. Baker
- ไดเมทธิลฟอร์มาร์ไมด์ (Dimethylformamide; DMF), J.T. Baker

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในพืช

- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl), J.T. Baker
- กรดอะซิติก (Acetic acid), J.T. Baker
- น้ำกลั่น (Distilled water)

4. เครื่องมือและอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ

4.1 เครื่องมือ

- เครื่องอบลมร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Hot air oven) (รุ่น UF750, Memmert, Germany)
- เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (รุ่น ES-1200HA, China)
- เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (รุ่น PA214, Ohaus, Pioneer, USA)
- เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS spectrophotometer) (รุ่น UV-1900i, Shimadzu, Japan)
- เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) (รุ่น Starter 2100, Ohaus, USA)
- เครื่องปั่นเหวี่ยงสารละลาย (Centrifuge) (รุ่น VARISPIN 4A, Cryste, Korea)
- เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) (รุ่น R-100, Buchi, Switzerland)
- เครื่องปั่นตัวอย่าง (Blender) (รุ่น Blender 600 W, Philips, England)
- เครื่องบดตัวอย่างใบพืช (Grinder machine) (รุ่น HC-300Y2, Huangcheng, China)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) (รุ่น Alpha A12, Lauda, Germany)
- เครื่องเขย่า (Vortex mixer) (รุ่น V-1 plus Personal Bio, Biosan Ltd., USA)
- ไมโครปิเปตทิป (Micropipette tip) ปริมาตร 1 และ 5 มล.
- ไมโครปิเปต (Micropipette) ปริมาตร 1,000 และ 5,000 มคล. (Eppendorf, Germany)

4.2 อุปกรณ์

- กระบอกตวง (Cylinder) ปริมาตร 250 มล.
- ขวดก้นกลม (Round bottom flask) ปริมาตร 1,000 มล.
- ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ปริมาตร 25 100 250 และ 500 มล.
- ขวดแก้วฝาเกลียว (Laboratory bottle) ปริมาตร 500 และ 1,000 มล.

- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ปริมาตร 125 มล.
- ขวดแก้ว (Glass bottle) ปริมาตร 10 มล.
- ควอร์ต คิวเวท (Quartz cuvette)
- บีกเกอร์ (Beaker) ปริมาตร 50 100 250 500 และ 1,000 มล.
- หลอดทดลอง (Test tube) ปริมาตร 10 และ 15 มล.
- หลอดทดลองพร้อมฝาเกลียว (Culture tube) ปริมาตร 5 มล.
- หลอดเซนตริฟิวพลาสติก (Centrifuge tubes) ปริมาตร 15 มล.
- หลอดหยดสาร (Dropper)
- แท่งแก้วคน (Stirring rod)
- ช้อนตักสารเคมีพลาสติก (Plastic spatula)
- ช้อนตักสารสแตนเลส (Stainless spatula)
- กระดาษกรอง (Filter paper) เบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มม.
- กระดาษกรอง (Filter paper) เบอร์ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มม.
- กระดาษชั่งสาร (Weighing paper) ขนาด 10 x 10 ซม.
- ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)
- แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminum foil)
- พาราฟิล์ม M (Parafilm M)
- ถาดโฟมหรือพลาสติก
- ฟิล์มยืดถนอมอาหาร
- ถุง Modified atmosphere packaging (MAP)

วิธีการดำเนินการ

การทดลองที่ 1 อิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม

คัดเลือกต้นกล้าพืชกระท่อมจากการเพาะเมล็ด อายุ 4 เดือน ทำการการย้ายปลูกลงถุงเพาะชำขนาด 7x14 นิ้ว ในดินผสม ได้แก่ (หน้าดิน : ขุยมะพร้าว : แกลบดิบ : แกลบเผา อัตราส่วน 2 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร) อนุบาลต้นกล้า 1 เดือน (รวมอายุต้นกล้า 5 เดือน) จำนวน 120 ต้น ภายใต้โรงเรือนพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 50% ดูแลรักษา ให้น้ำโดยระบบสปริงเกอร์แบบอัตโนมัติ วันละ 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที ในช่วงเวลา 8.00 น. 12.00 น. และ 16.30 น. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) จำนวน 4 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ ชุดควบคุม (ไม่ให้ปุ๋ย) (N0) ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (N15) ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 (N21) และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 +15% ทางใบ (N15+15) โดยให้ปุ๋ยทางดินเดือนละ 1 ครั้ง และพ่นทางใบเดือนละ 2 ครั้ง แบ่งช่วงเวลาในการบันทึกข้อมูลหลังการให้ปุ๋ยเป็น 30 45 และ 60 วัน (รวม 135 วัน) เปรียบเทียบการเจริญเติบโต การตอบสนองทางสรีรวิทยาพืช อัตราการสังเคราะห์แสงของพืช ปริมาณสารพฤกษเคมีในใบ ปริมาณธาตุอาหารสะสม ทำการทดลอง ณ แปลงทดลองพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

การบันทึกผล

1. บันทึกข้อมูลสภาพอากาศ

1.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รายชั่วโมง ด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) ในโรงเรือนทดลอง

1.2 บันทึกค่าความเข้มแสงบริเวณภายในและภายนอกโรงเรือนตาข่ายพรางแสง สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

2. การเจริญเติบโต

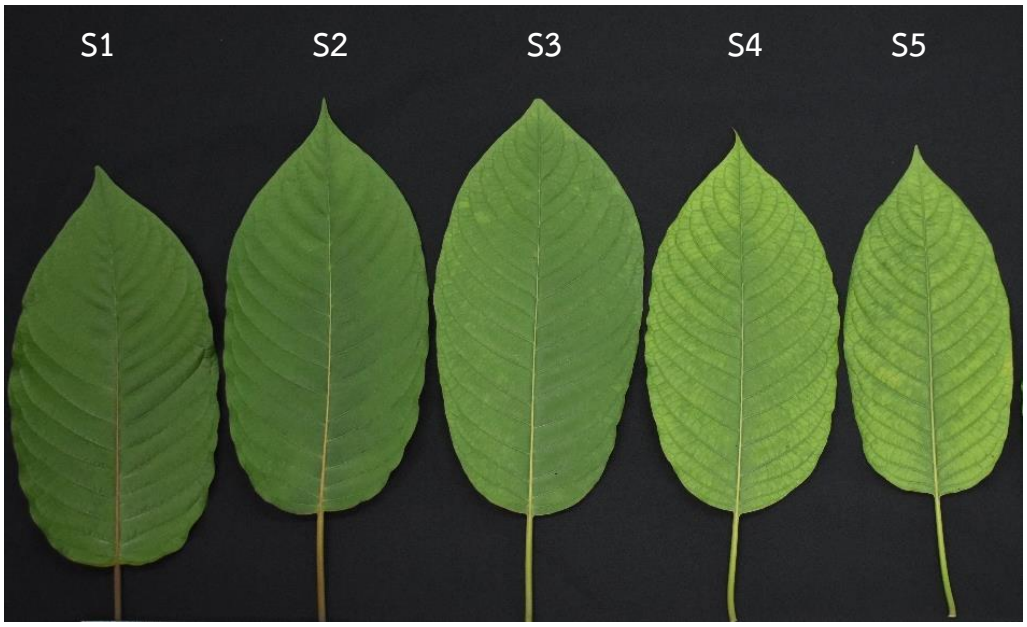
2.1 ข้อมูลการเจริญเติบโต

บันทึกข้อมูลความสูงต้น จากโคนต้น จนถึงปลายใบ (แนวตั้ง) หน่วยเป็น ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นบริเวณเหนือผิวดิน 10 ซม. โดยใช้เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ หน่วยเป็น

มล. ความกว้างทรงพุ่ม วัดจากทิศตะวันออก ไปยังทิศตะวันตก และทิศเหนือ ไปทิศใต้ นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย หน่วยเป็น ชม. โดยแต่ละพารามิเตอร์วัดข้อมูลดังกล่าวจำนวน 10 ต้นต่อทรีตเมนต์ ทุก 30 45 และ 60 วัน ตามลำดับ

2.2 พื้นที่ใบพืชกระท่อม

บันทึกเฉพาะระยะพัฒนาการของใบพืชกระท่อมคู่ที่ 3 เป็นตัวแทน ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบและเวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ โดยแต่ละทรีตเมนต์สุ่มวัดตัวอย่างใบพืชกระท่อม จำนวน 10 ต้นๆ ละ 2 ใบ



ภาพที่ 1 ลักษณะระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 1 ถึงคู่ใบที่ 5 ของพืชกระท่อม

3. การตอบสนองทางสรีวิทยาของใบพืชกระท่อม

บันทึกค่าอัตราการสังเคราะห์แสง (CO_2 assimilation rate: A) อัตราการคายน้ำ (H_2O transpiration rate: E) และค่าชักนำการเปิดของปากใบ (Stomatal conductance to CO_2: g_s) ด้วยเครื่องวัดระบบการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis systems) สุ่มบันทึกข้อมูลในระยะคู่ใบที่ 3 จำนวน 4 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ต้นๆ ละ 2 ซ้ำๆ ละ 6 ใบ ภายหลังจากการให้ปุ๋ยที่ระยะเวลา 30 45 และ 60 วัน

4. มวลชีวภาพในส่วนต่างๆของต้นพืชกระท่อม

สุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 10 ต้นต่อทรีตเมนต์ เมื่อต้นกล้าอายุครบ 12 เดือน วิเคราะห์หาค่าสัดส่วนมวลชีวภาพด้วยวิธีการทำลายต้น ตัดต้นพืชแยกเป็นส่วน และล้างทำความสะอาด ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง ไปอบแห้งในเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65°ซ เป็นเวลา 72 ชม. นำตัวอย่างพืชที่ได้หลังจากการอบมาชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อคำนวณหาน้ำหนักแห้ง โดยมวลชีวภาพแยกออกเป็น มวลชีวภาพส่วนใบ มวลชีวภาพส่วนกิ่ง มวลชีวภาพส่วนลำต้น และมวลชีวภาพส่วนราก

5. ธาตุอาหารในใบพืชกระท่อม

เก็บตัวอย่างใบพืชกระท่อมจำนวน 10 ต้นต่อทรีตเมนต์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 70°ซ เป็นเวลา 48 ชม. นำตัวอย่างไปบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20-40 เมช (Mesh) นำตัวอย่างที่ได้ย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 25% ที่อุณหภูมิ 250°ซ ทำการหยดสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จนกระทั่งสารละลายในตัวอย่างมีลักษณะใส จากนั้นนำไปปรับปริมาตรและวิเคราะห์ธาตุอาหารต่อไป ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) (Bray II method) ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่สกัดได้ (Extractable K, Ca) (1 N Ammonium acetate pH 7.0 extraction วัดด้วยเครื่อง Flame photometer) และ ปริมาณแคลเซียม ตามคู่มือวิเคราะห์ดินและพืช (จำเป็น, 2560) และนำข้อมูลการสะสมธาตุอาหารในใบพืชกระท่อมที่วิเคราะห์ได้ไปหาค่าความสัมพันธ์กับปริมาณสารไมทราไจนีนในพืชพืชกระท่อม (ข้อ 6.2) ลำดับถัดไป โดยทำการวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

6. ปริมาณสารพฤกษเคมีสำคัญในใบ

6.1 คลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบพืชกระท่อม

วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบในระยะพัฒนาการคู่ใบที่ 1 (S1) คู่ใบที่ 3 (S3) และคู่ใบที่ 5 (S5) ของใบ ใบละ 2 จุด จำนวน 10 ต้นต่อทรีตเมนต์ นำค่ามาหาปริมาณคลอโรฟิลล์ ดังสมการ y = 0.7053x - 4.7726 ของพืชกระท่อม ที่ระยะเวลา 30 45 และ 60 วัน ตามลำดับ

6.2 ปริมาณสารไมทราไจนีน

วิเคราะห์เฉพาะปริมาณไมทราไจนีนในใบพืชกระท่อมเก็บเกี่ยวใบพืชกระท่อม คู่ใบที่ 1 3 และ 5 นับจากปลายยอด จำนวน 100 ใบ ล้างทำความสะอาด คัดเลือกใบที่สมบูรณ์ ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง โดยดำเนินการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ ทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการนิเวศสรีรวิทยาพืช (2-0260-0084-1) คณะทรัพยากรธรรมชาตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

6.2.1 การเตรียมตัวอย่าง

เก็บใบพืชกระท่อมแต่ละระยะพัฒนาการ นำไปอบที่อุณหภูมิ 60°ซ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง นำผงใบพืชกระท่อมที่ได้บรรจุลงในถุงซิปใส และเก็บรักษาตัวอย่างไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง

6.2.2 การสกัดสาร

สกัดสารจากตัวอย่างใบบดละเอียดด้วยวิธีการแช่ (หมัก) ในเมทานอล (CH_3OH) 80% อัตราส่วนระหว่างผงใบพืชกระท่อมต่อเมทานอล 1 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในขวดรูปชมพู่ ปิดฝาให้สนิทด้วยฟรอยด์ ทิ้งไว้ในที่มืด 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25°ซ (อุณหภูมิห้อง) นำตัวอย่างไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ได้สารละลายจากใบพืชกระท่อม จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงสารละลาย ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกตะกอนออกจากสารสกัด นำสารละลายส่วนใสไประเหยเมทานอลออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศจนเมทานอลระเหยออกใกล้หมด ชั่งน้ำหนักขวดแก้วที่ใช้ใส่ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง และเทสารสกัดที่ได้ลงในขวดแก้ว นำขวดไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50°ซ

จนเมทานอลระเหยออกหมดหรือสารสกัดมีความหนืด ชั่งน้ำหนักทั้งหมด (ขวดกับสารสกัดที่ได้) เพื่อคำนวณน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้และ % ของสารสกัดหยาบที่ได้ (%Yield) ดังนี้ (พิสมัย, 2562 ; ปานทิพย์ และวัลภา, 2557)

น้ำหนักสารสกัดหยาบ (กรัม) = น้ำหนักทั้งหมด (กรัม) - น้ำหนักขวดแก้ว (กรัม)

$$\textbf{เปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบที่ได้ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักผงใบพืชกระท่อมที่ใช้สกัด (กรัม)}} \times 100$$

วิเคราะห์สารไมทราไจนีน โดยการนำสารสกัดใบพืชกระท่อมที่ได้ ชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.025 มก. ละลายในเมทานอล 80% เพื่อทำการเจือจางสารสกัด และฉีดสารละลายเข้าเครื่องวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีของเหลวกับแมสสเปคโตรมิเตอร์ (Liquid chromatography - Mass spectrometry: LC-MS) เพื่อวิเคราะห์สารไมทราไจนีน ที่สำนักทดสอบวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (Janchawee *et al.,* 2007)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

นำข้อมูลด้านสรีรวิทยาของใบ ได้แก่ อัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการเปิดปิดปากใบ อัตราการคายน้ำ ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบพืชกระท่อม ข้อมูลด้านปริมาณสารสารพฤกษเคมีสำคัญในใบ รวมถึงปริมาณธาตุอาหาร และสัดส่วนมวลชีวภาพของพืชกระท่อม มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธีการ ANOVA ในแต่ละด้าน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R เวอร์ชั่น 2.1.4.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ ด้วยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิร่วมกับสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการยืดอายุเก็บรักษาใบพืชกระท่อม

ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาใบพืชกระท่อมโดยเก็บเกี่ยวใบพืชกระท่อมคู่ใบที่ 2-3 นับจากปลายยอด จำนวน 60 ใบ ล้างทำความสะอาด คัดเลือกใบที่สมบูรณ์ ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง และมีสีใบสม่ำเสมอ โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial 2×5 in CRD) โดยปัจจัย A คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษา คือ 15 และ 25°ซ (อุณหภูมิห้อง) และปัจจัย B คือ ความเข้มข้นของไคโตซาน 5 ระดับ คือ 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% โดยการเตรียมสารละลายไคโตซาน จากไคโตซานชนิดเกล็ด (Food grade) อัตราส่วน จำนวน 1 กรัม ลงในลงบีกเกอร์ ผสมน้ำกลั่น ปริมาตร 99 มล. และเติมกระอะซิติกเข้มข้น 1 มล. คนสารละลายเพื่อให้สารไคโตซานละลายหมด จะได้ไคโตซานที่มีความเข้มข้น 1% และปรับระดับความเข้มข้นของไคโตซาน ที่ระดับ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% ตามลำดับ ทำการจุ่มแช่ เป็นเวลา 5 นาที เพื่อเคลือบผิวใบ ผึ่งให้แห้งก่อนเก็บรักษาในถุง ทั้งหมด 10 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 2 ใบ บันทึกผลการทดลองวันที่ 0 1 3 6 9 12 และ 15 วัน หรือจนกระทั่งใบเสื่อมสภาพ ทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการนิเวศสรีรวิทยาพืช (2-0260-0084-1) และห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวพืช (2-0260-0111-1) คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

การบันทึกข้อมูล

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

บันทึกข้อมูลในวันที่ 0 (ก่อนเก็บรักษา) และทุกวันที่ 0 1 3 6 9 12 และ 15 วัน หรือจนกระทั่งใบเสื่อมสภาพ จำนวน 60 ใบ ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกข้อมูลโดยวิธีการนำใบออกมาวัดค่าต่างๆ ในแต่ละครั้งที่ทำการวัดข้อมูลครั้งละ 1 ใบ จำนวน 3 ซ้ำ คือ ที่ 0 1 3 6 และ 9 วัน หรือจนกระทั่งใบเสื่อมสภาพ คำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียหนัก ดังนี้

$$\textbf{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

2. ค่าความเขียวใบและปริมาณคลอโรฟิลล์

บันทึกค่าความเขียวใบ (Leaf greenness) ด้วย Chlorophyll meter (Dualex) เพื่อบ่งบอกความเขียวของใบก่อนการเก็บรักษา และระหว่างการเก็บรักษา จำนวน 60 ใบ ใบละ 2 ตำแหน่ง บริเวณกลางแผ่นใบ และสีที่สม่ำเสมอ นำค่าที่ได้เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ได้จากการสกัดในห้องปฏิบัติการโดยนำตัวอย่างใบสกัดด้วยสารละลาย N,N-dimethyformamide (DMF) ปริมาตร 3 มล./ตร.ซม. (n=370) แช่สารสกัดตัวอย่างในที่มืดเป็นเวลา 24 ชม. แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 647 และ 664 น.ม. คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ตามวิธีการของ ระวี และชนินทร์ (2558)

$$(Chl_{total}) = ((20.27 \times A_{647}) + (7.04 \times A_{664})) \times Vol / (Area \times 100)$$

โดยที่

Chl_{total} = ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (มก. /ตร.ซม.)
Vol = ปริมาณสาร DMF ที่ใช้สกัด (มล.) = 3 มล.
Area = พื้นที่ใบที่ใช้สกัด (ตารางเซนติเมตร) = 1 ตร.ซม.
A647 = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 647 น.ม.
A664 = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 664 น.ม.

3. ค่าสีใบ

วัดสีของใบด้วยเครื่องวัดสี เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของสีใบพืชกระท่อมที่ทำการทดลอง ก่อนการเก็บรักษา (วันที่ 0) และวันที่ 1 3 6 9 12 และ 15 วัน หรือจนกระทั่งใบเสื่อมสภาพ ในแต่ละทรีตเมนต์ ใบละ 2 ตำแหน่ง บันทึกค่าสีตามวิธีการของ อรุณทิพย์ และคณะ (2555) โดยมีวิธีการอ่านค่า ดังนี้

a* = -a (สีเขียว) และ +a (สีแดง)
b* = -b (สีน้ำเงิน) และ +b (สีเหลือง)
L* = เข้าใกล้ 0 (สีขาวหรือสว่างมาก) และเข้าใกล้ 100 (สีคล้ำหรือสว่างน้อย)
Hue ถ้า h° = 0 ° (สีแดง) h° = 90° (สีเหลือง)
h°= 180° (สีเขียว) h° = 270° (สีน้ำเงิน)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองการยืดอายุการเก็บรักษาใบพืชกระท่อมด้วยอุณหภูมิร่วมกับสารเคลือบไคโตซาน ได้แก่ %การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณคลอโรฟิลล์ และค่าสีของใบ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธีการ ANOVA ในแต่ละพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R เวอร์ชั่น 2.1.4.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 3

ผล

การทดลองที่ 1 อิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม

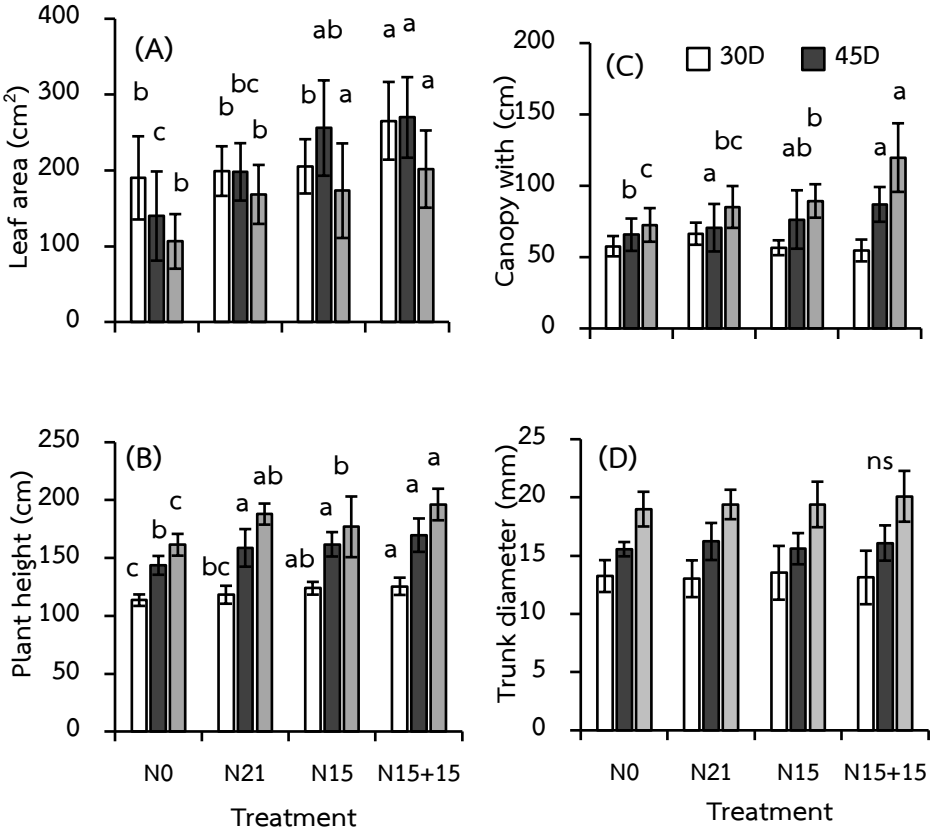
1. ผลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของพืชกระท่อม

พื้นที่ใบที่ประเมินหลังจากการการให้ปุ๋ยแก่พืชกระท่อมทั้ง 4 ทรีตเมนต์ พบว่า ที่ระยะเวลา 30 วันหลังจากการให้ปุ๋ยส่งผลให้มีปริมาณพื้นที่ใบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 ส่งผลให้พืชกระท่อมมีพื้นที่ใบสูงที่สุด คือ 256.4 ตร.ซม. เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (N0) ที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยมีปริมาณพื้นที่ใบต่ำที่สุด คือ 190.1 ตร.ซม. ที่ 45 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ส่งผลให้มีปริมาณพื้นที่ใบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่า การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 และ N15 ไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีพื้นที่ใบเท่ากับ 269.8 และ 255.8 ตร.ซม.ตามลำดับ ในขณะที่ ชุดควบคุม N0 มีพื้นที่ใบต่ำที่สุด คือ 139.7 ตร.ซม. ส่วนที่ 60 วันหลังจากการให้ปุ๋ย การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีพื้นที่ใบสูงสุด เท่ากับ 201.7 ตร.ซม. รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ N15 และ N21 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 173.2 และ 168.3 ตร.ซม.ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ทรีตเมนต์ N0 มีพื้นที่ใบต่ำที่สุด คือ 106.3 ตร.ซม. (ภาพที่ 2A)

การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นพืชกระท่อมที่ประเมินได้หลังจากการทดลองการให้ปุ๋ยแก่พืชกระท่อมทั้ง 4 ทรีตเมนต์ พบว่า ที่ 30 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ส่งผลให้ความสูงของต้นพืชกระท่อมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 ต้นพืชกระท่อมมีความสูงของต้นสูงที่สุด คือ 125.5 ซม. รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 มีความสูงของต้นสูงที่สุดเฉลี่ย 123.8 ซม. ซึ่งทั้งสองทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (N0) ที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ซึ่งมีค่าความสูงของต้นต่ำที่สุด เท่ากับ 113.5 ซม. ส่วนที่ 45 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ต้นพืชกระท่อมมีความสูงของต้นสูงที่สุดเมื่อใช้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าเท่ากับ 169.7 ซม. รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 และ N21 ซึ่งมีความสูงเท่ากับ 161.8 และ 158.7 ซม. ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกัน ขณะที่ชุดควบคุม (N0) มีความสูงต้นต่ำที่สุด คือ 143.6 ซม. และที่ 60 วันหลังจากการให้ปุ๋ยพบว่า ทุกทรีตเมนต์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยมีความสูงต้นสูงที่สุดในปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 คือ 196.2 ซม. รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ N15 และ N21 ซึ่งมีค่าความสูงเท่ากับ 187.9 และ 176.9 ซม. ตามลำดับ โดยชุดควบคุม (N0) มีความสูงต้นต่ำที่สุด คือ 161.4 ซม. (ภาพที่ 2B)

ความกว้างทรงพุ่มของต้นพืชกระท่อมที่ประเมินหลังจากการทดลอง การให้ปุ๋ยทั้ง 4 ทรีตเมนต์ พบว่า ที่ 30 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ส่งผลให้ต้นพืชกระท่อมมีความกว้างทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 N0 และ N15 มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 66.4 57.65 และ 56.55 ซม. ตามลำดับ ขณะที่ ทรีตเมนต์ N15+15 มีขนาดความกว้างทรงพุ่มของต้นพืชกระท่อมต่ำที่สุด คือ 54.65 ซม. ส่วนที่ 45 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ส่งผลให้มีขนาดความกว้างทรงพุ่มแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (N0) โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 ส่งผลให้มีขนาดความกว้างทรงพุ่มของพืชกระท่อมสูงที่สุด คือ 86.95 ซม. รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ N15 และ N21 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 76.35 และ 70.60 ซม. ตามลำดับ ส่วนทรีตเมนต์ N0 มีขนาดความกว้างทรงพุ่มของต้นพืชกระท่อมต่ำที่สุด เท่ากับ 65.70 ซม. และที่ 60 วันหลังจากการให้ปุ๋ย พบว่า ทุกทรีตเมนต์มีความแตกต่างกันกันทางสถิติ โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีขนาดความกว้างทรงพุ่มของต้นพืชกระท่อมสูงที่สุด เท่ากับ 119.8 ซม. รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 และ N21 มีขนาดความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 89.35 และ 85.15 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีขนาดความกว้างทรงพุ่มของต้นพืชกระท่อมต่ำที่สุด คือ 72.55 ซม. (ภาพที่ 2C)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพืชกระท่อมที่ประเมินหลังจากการทดลองการให้ปุ๋ยแก่พืชกระท่อมทั้ง 4 ทรีตเมนต์ พบว่า ที่ 30 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นพืชกระท่อมไม่มีความแตกต่างกัน โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงที่สุด คือ 1.35 ซม. ส่วนการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นต่ำที่สุด คือ 1.30 ซม. ที่ 45 วันหลังจากการให้ปุ๋ย การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 ส่งผลให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงที่สุด เท่ากับ 1.62 ซม. รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 และ N15 มีค่าเท่ากับ 1.60 และ 1.56 ซม. ตามลำดับ และชุดควบคุม (N0) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพืชกระท่อมต่ำที่สุด เท่ากับ 1.55 ซม. และที่ 60 วันหลังจากการให้ปุ๋ย พบว่า ทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกับที่ 30 และ 45 วัน โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นพืชกระท่อมต้นสูงที่สุดในทรีตเมนต์ N15+15 คือ 2.01 ซม. รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 และ N21 มีขนาดเส้นศูนย์กลางลำต้นที่เท่ากัน คือ 1.94 ซม. เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (N0) พบว่า ชุดควบคุมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพืชกระท่อมต่ำที่สุด คือ 1.90 ซม. (ภาพที่ 2D)



ภาพที่ 2 การเจริญเติบโตด้านพื้นที่ใบ (A) ความสูงของต้นพืชกระท่อม (B) ความกว้างทรงพุ่ม (C) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (D) ที่ระยะเวลา 30, 45 และ 60 วัน หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15) ตัวอักษรที่กำกับในภาพ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ มีความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan Multiple Rank Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$

แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)

2. ผลของปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของใบพืชกระท่อม

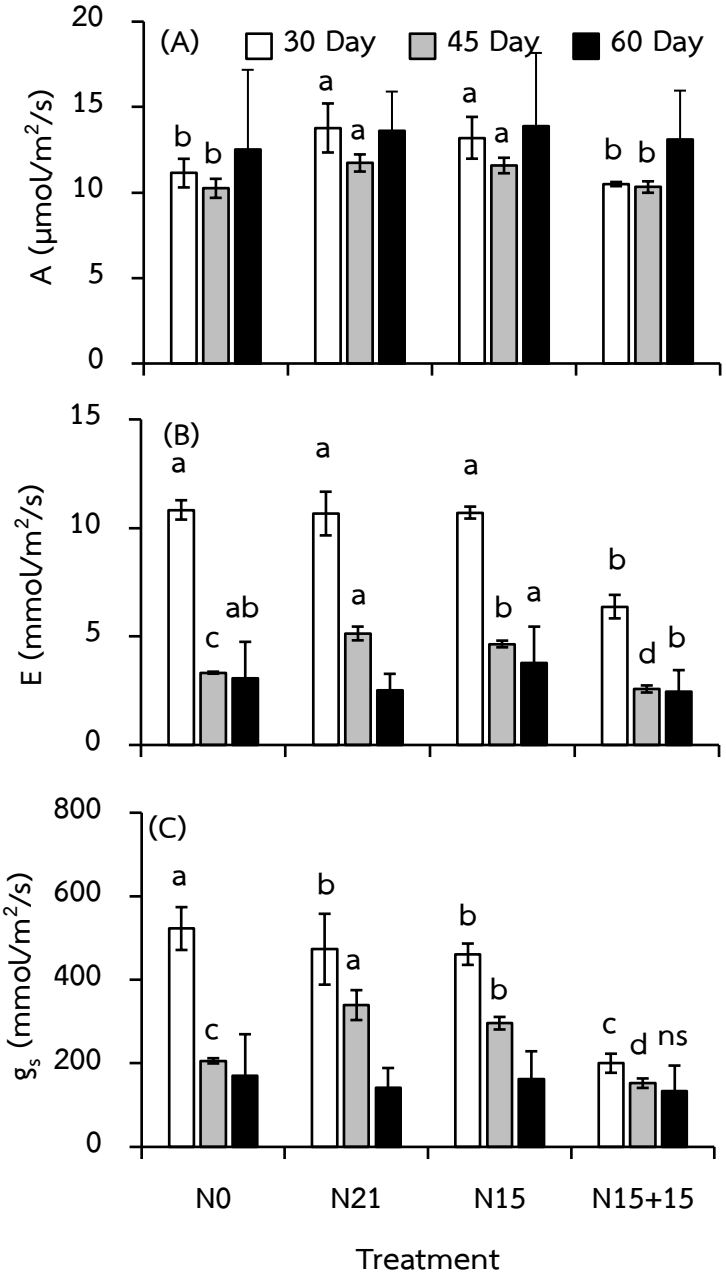
2.1 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของใบพืชกระท่อม

อัตราการสังเคราะห์แสง (A) ของต้นพืชกระท่อมหลังจากการให้ปุ๋ยในเดือนกันยายน และเดือนตุลาคม บันทึกข้อมูลค่าอัตราการสังเคราะห์แสงหลังจาก 30 45 และ 60 วัน หลังจากการให้ปุ๋ย (DAF) พบว่า ที่ 30 และ 45 วัน มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ โดยที่ 30 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ต้นกล้าพืชกระท่อมมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดที่การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 มีค่าอัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับ 13.77 μmol/m^2/s รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ N15 มีค่าเท่ากับ 13.20 μmol/m^2/s และต่ำที่สุดในทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าเท่ากับ 10.49 μmol/m^2/s ส่วนที่ 45 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ต้นกล้าพืชกระท่อมมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดในการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 มีค่าอัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับ 11.73 μmol/m^2/s รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 และ N15+15 มีค่าเท่ากับ 11.58 และ 10.32 μmol/m^2/s ตามลำดับ และต่ำที่สุดในชุดควบคุม N0 มีค่าเท่ากับ 10.24 μmol/m^2/s ส่วนที่ 60 วันหลังจากให้ปุ๋ย พบว่าต้นพืชกระท่อมมีแนวโน้มการตอบสนองด้านอัตราการสังเคราะห์แสงสูงขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดเท่ากับ 13.89 μmol/m^2/s รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 และ N15+15 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.61 และ 13.11 μmol/m^2/s ตามลำดับ โดยชุดควบคุม (N0) ที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำที่สุด เท่ากับ 12.50 μmol/m^2/s (ภาพที่ 3A)

อัตราการคายน้ำ (E) ของต้นพืชกระท่อมหลังจากการให้ปุ๋ยในเดือนกันยายน และตุลาคม บันทึกข้อมูลค่าอัตราการคายน้ำหลังจาก 30 45 และ 60 วัน หลังจากการให้ปุ๋ย (DAF) พบว่า ที่ 30 45 และ 60 วัน หลังจากการให้ปุ๋ย มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ โดยที่ 30 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ต้นกล้าพืชกระท่อมมีอัตราการคายน้ำสูงที่สุดในชุดควบคุม (N0) ให้ค่าอัตราการคายน้ำที่ 10.83 mmol/m^2/s รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 มีค่าเท่ากับ 10.70 mmol/m^2/s และต่ำที่สุดในการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าอัตราการคายน้ำเท่ากับ 6.37 mmol/m^2/s ส่วนที่ 45 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ต้นกล้าพืชกระท่อมมีอัตราการคายน้ำสูงที่สุดในการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 มีค่าอัตราการคายน้ำที่ 5.13 mmol/m^2/s รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ N15 และ N0 มีค่าเท่ากับ 4.65 และ 3.33 mmol/m^2/s ตามลำดับ และต่ำที่สุดในทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าอัตราการคายน้ำเท่ากับ 2.58 mmol/m^2/s และที่ 60 วันหลังจากให้ปุ๋ย พบว่า พืชกระท่อมมีการตอบสนองด้านอัตราการคายน้ำลดลง โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 มีการตอบสนองต่อการคายน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 3.78 mmol/m^2/s รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ N0 และ N21 มีค่าเท่ากับ 3.08 และ

2.52 mmol/m^2/s ตามลำดับ ในขณะที่การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีอัตราการคายน้ำต่ำที่สุด เท่ากับ 2.46 mmol/m^2/s (ภาพที่ 3B)

การชักนำการเปิดปิดปากใบ (g_s) ของใบพืชกระท่อมของต้นพืชกระท่อมหลังจากการให้ปุ๋ยในเดือนกันยายน และเดือนตุลาคม บันทึกข้อมูลด้านการชักนำการเปิดปิดปากใบของใบพืชกระท่อมหลังจาก 30 45 และ 60 วัน หลังจากการให้ปุ๋ย (DAF) พบว่า ที่ 30 และ 45 วัน มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ โดยที่ 30 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ต้นกล้าพืชกระท่อมมีค่าการเปิดปิดปากใบสูงที่สุดในชุดควบคุม N0 เท่ากับ 522.72 mmol/m^2/s รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 และ N15 มีค่าเท่ากับ 473.24 และ 461.27 mmol/m^2/s ตามลำดับ โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าชักนำการเปิดปิดปากใบต่ำที่สุดเท่ากับ 200.28 mmol/m^2/s ส่วนที่ 45 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ต้นกล้าพืชกระท่อมมีค่าชักนำการเปิดปิดปากใบสูงที่สุดที่การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 มีค่าเท่ากับ 339.48 mmol/m^2/s รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 และ N0 มีค่าชักนำการเปิดปิดปากใบเท่ากับ 296.15 และ 206.06 mmol/m^2/s ตามลำดับ และต่ำที่สุดในทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าเท่ากับ 152.56 mmol/m^2/s และที่ 60 วันหลังจากให้ปุ๋ย พบว่า ต้นพืชกระท่อมมีค่าชักนำการเปิดปิดปากใบลดลงจาก 30 วัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยชุดควบคุม (N0) มีการตอบสนองการชักนำการเปิดปิดปากใบสูงที่สุดเท่ากับ 170.82 mmol/m^2/s รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ N15 และ N21 มีค่าเท่ากับ 162.05 และ 142.40 mmol/m^2/s ตามลำดับ ขณะที่ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าการชักนำการเปิดปิดปากใบต่ำที่สุด เท่ากับ 133.94 mmol/m^2/s (ภาพที่ 3C)



ภาพที่ 3 การตอบสนองทางสรีรวิทยาของใบพืชกระท่อมด้านอัตราการสังเคราะห์แสง (CO_2 assimilation rate : A) (A) อัตราการคายน้ำ (H_2O transpiration rate : E) (B) และค่าการชักนำการเปิดปิดของปากใบ (Stomatal conductance to CO_2 : g_s) (C) หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15) ในวันที่ 30 45 และ 60 วัน หลังการให้ปุ๋ย แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)

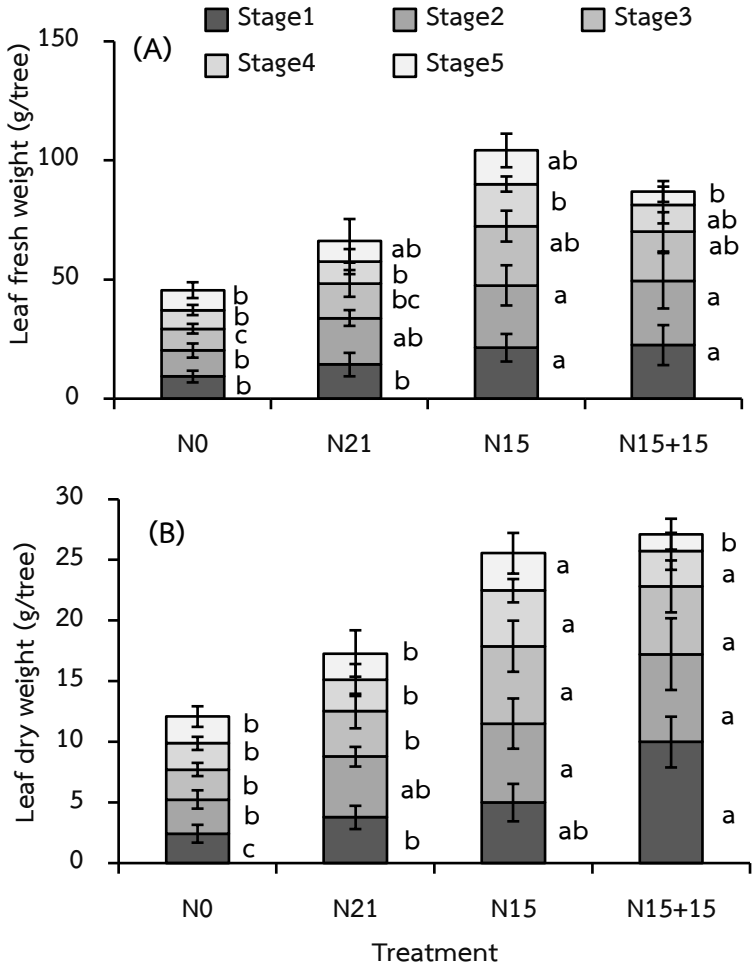
3. อิทธิพลของปุ๋ยต่อการสะสมมวลชีวภาพในพืชกระท่อม

3.1 การสะสมปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในใบ

ปริมาณน้ำหนักสดของระยะพัฒนาการของใบต่อต้นของการให้ปุ๋ยทั้ง 4 ทรีตเมนต์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 1 การให้ปุ๋ย 15-15-15+N ทางใบ (N15+15) และ 15-15-15 (N15) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.4 และ 21.5 ก./ต้น ตามลำดับ ส่วนการให้ปุ๋ยสูตร 21-0-0 (N21) มีค่าเท่ากับ 14.4 ก./ต้น และพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (N0) ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่ำที่สุด คือ 9.27 ก./ต้น ส่วนในระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 2 พบว่า ทรีตเมนต์ N15+15 และ N15 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 27.04 และ 26.18 ก./ต้น ตามลำดับ และทรีตเมนต์ N15 ไม่แตกต่างกันกับทรีตเมนต์ N21 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.56 ก./ต้น โดยพบว่าทุกทรีตเมนต์มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่ำที่สุด คือ 10.92 ก./ต้น ในระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 3 พบว่า ทรีตเมนต์ N15 และ N15+15 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 24.87 และ 20.53 ก./ต้น ตามลำดับ รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.51 ก./ต้น และพบว่าไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่ำที่สุด คือ 9.17 ก./ต้น ขณะที่ ระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 4 พบว่า การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 N15 และ N21 ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 17.66 11.30 และ 9.16 ก./ต้น ตามลำดับ แต่ทุกทรีตเมนต์มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของระยะใบคู่ที่ 4 ต่ำที่สุดเท่ากับ 7.84 ก./ต้น และในระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 5 การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 N21 และ N0 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.10 8.71 และ 8.34 ก./ต้น ตามลำดับ ทั้งนี้ยัง พบว่า ทรีตเมนต์ N21 และ N15+15 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 4.54 ก./ต้น (ภาพที่ 4A)

น้ำหนักแห้งของระยะพัฒนาการของใบต่อต้นของการให้ปุ๋ยทั้ง 4 ทรีตเมนต์ พบว่า ระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 1 การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 และ N15 ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.82 และ 4.98 ก./ต้น ตามลำดับ ส่วนการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 มีค่าเท่ากับ 3.67 ก./ต้น ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด คือ 2.42 ก./ต้น ที่ระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 2 การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 และ N15 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.25 และ 6.51 ก./ต้น ตามลำดับ แต่การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 ไม่แตกต่างกันกับการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 มีค่าเท่ากับ 5.00 ก./ต้น และทุกทรีตเมนต์มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่ำที่สุด 2.82 ก./ต้น ในระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 3 การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 และ N15+15 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.38 และ 5.58 ก./ต้น ตามลำดับ รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 มีค่าเท่ากับ 3.76 ก./ต้น

และพบว่าไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่ำที่สุด คือ 2.47 ก./ต้น ส่วนที่ระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 4 พบว่า การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 มีค่าเท่ากับ 4.58 ก./ต้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับทรีตเมนต์ N15+15 N21 และ N0 โดยมีค่าเท่ากับ 2.89 2.55 และ 2.15 ก./ต้น ตามลำดับ นอกจากนี้ ในระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 5 การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 N21 และ N0 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.08 2.21 และ 2.18 ก./ต้น ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่า การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งในระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 5 ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.41 ก./ต้น (ภาพที่ 4B)



ภาพที่ 4 สัดส่วนน้ำหนักสด (A) และน้ำหนักแห้งของใบ (B) ที่ระยะพัฒนาการของใบที่ต่างกันภายหลังจาก 135 วัน หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15) ตัวอักษรที่กำกับในภาพเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ในแต่ละระยะพัฒนาการของใบ (S1-S5) มีความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)

3.2 สัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพภายในส่วนต่างๆ ของต้นพืชกระท่อม

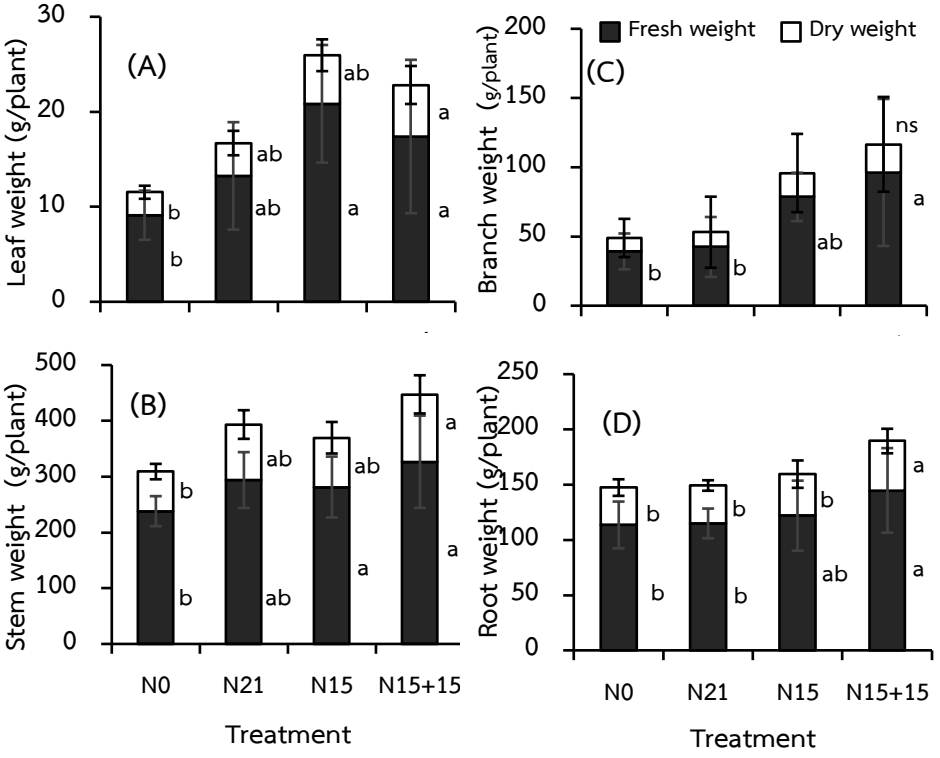
การสะสมมวลชีวภาพส่วนของกิ่งของต้นพืชกระท่อม พบว่า การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 และ N15 ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดกิ่งไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 96.26 และ 78.55 ก./ต้น และการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 ให้ค่าน้ำหนักสดไม่แตกต่างกับ N0 โดยมีค่าเท่ากับ 42.42 ก./ต้นและ 37.21 ก./ต้น ตามลำดับ ส่วนการสะสมน้ำหนักแห้งของกิ่ง พบว่า การให้ปุ๋ยทั้ง 3 ทรีตเมนต์ ในทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 20.28 ก./ต้น รองลงมา คือ N15 และ N21 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.27 และ 10.64 ก./ต้น ตามลำดับ โดยชุดควบคุมให้ค่าเฉลี่ยของการสะสมน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด คือ 9.17 ก./ต้น (ภาพที่ 5A)

การสะสมมวลชีวภาพส่วนของใบของต้นพืชกระท่อม การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 และ N15 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีการสะสมน้ำหนักสดใบเท่ากับ 20.84 และ 17.39 ก./ต้น ตามลำดับ ขณะที่การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 มีการสะสมน้ำหนักสดใบไม่แตกต่างกันกับทรีตเมนต์ N0 โดยมีค่าเท่ากับ 13.25 และ 9.11 ก./ต้น ตามลำดับ การสะสมมวลชีวภาพส่วนของใบ พบว่า ทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 5.42 ก./ต้น ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่น รองลงมา คือ N15 และ N21 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.11 และ 3.45 ก./ต้น ตามลำดับ โดยชุดควบคุม N0 มีการสะสมน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด คือ 2.41 ก./ต้น (ภาพที่ 5B)

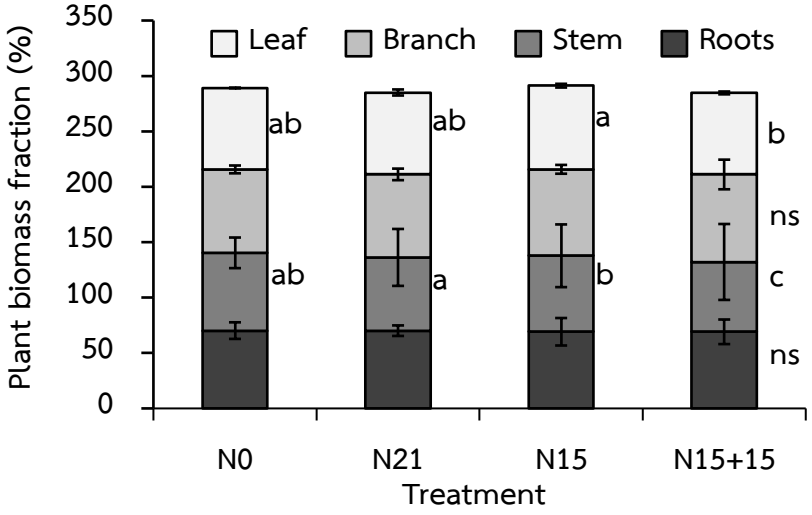
การสะสมน้ำหนักสดในส่วนของรากพืชกระท่อม พบว่า ทรีตเมนต์ N15+15 มีการสะสมน้ำหนักสดในส่วนของรากสูงที่สุดเท่ากับ 144.8 ก./ต้น รองลงมา คือ N15 และ N21 มีการสะสมน้ำหนักสดของรากเท่ากับ 121.90 และ 114.9 ก./ต้น ตามลำดับ โดยชุดควบคุมมีการสะสมน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด คือ 113.5 ก./ต้น การสะสมมวลชีวภาพส่วนของรากของต้นพืชกระท่อม พบว่า การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 และ N15 มีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนของรากเท่ากับ 44.69 และ 37.58 ก./ต้น ในขณะที่การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 และ N21 มีการสะสมน้ำหนักแห้งที่ไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.31 และ 33.82 ก./ต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 5C)

การสะสมมวลชีวภาพส่วนของลำต้นของพืชกระท่อม การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีการสะสมน้ำหนักสดในส่วนของลำต้นสูงที่สุดเท่ากับ 326.7 ก./ต้น รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 และ N21 มีค่าการสะสมน้ำหนักสดในส่วนของลำต้นเท่ากับ 281.3 และ 238 ก./ต้น ตามลำดับ และต่ำที่สุดในชุดควบคุม N0 ซึ่งมีค่าการสะสมน้ำหนักสดของลำต้นเท่ากับ 213.2 ก./ต้น อย่างไรก็ตาม การสะสมมวลชีวภาพส่วนของลำต้น พบว่า ทรีตเมนต์ N15+15 ให้ค่าการสะสมน้ำหนักสูงที่สุดเท่ากับ 120.8 ก./ต้น รองลงมา คือ N15 และ N21 ซึ่งมีการสะสมมวลชีวภาพส่วนของลำต้นเท่ากับ 88.45 และ 71.00 ก./ต้น ตามลำดับ โดยต่ำสุดในชุดควบคุม N0 คือ 58.26 ก./ต้น (ภาพที่ 5D)

สัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพภายในต้นพืชกระท่อม พบว่า ทุกส่วนมีการสะสมในปริมาณที่ใกล้เคียงกันทุกทรีตเมนต์ปุ๋ย โดยพบว่า การสะสมมวลชีวภาพในต้นพืชในทรีตเมนต์ N0 N21 N15 และ N15+15 ส่วนของใบมีค่าเท่ากับ 74.47 73.91 75.47 และ 73.59% ตามลำดับ สัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพส่วนของกิ่งมีค่าเท่ากับ 75.27 74.92 78.01 และ 78.92% ตามลำดับ สัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพส่วนของลำต้นมีค่าเท่ากับ 70.17 66.09 68.55 และ 63.03% ตามลำดับ และสัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพในรากพืชมีค่าเท่ากับ 70.20 70.13 69.17 และ 69.13% ตามลำดับ (ภาพที่ 6)



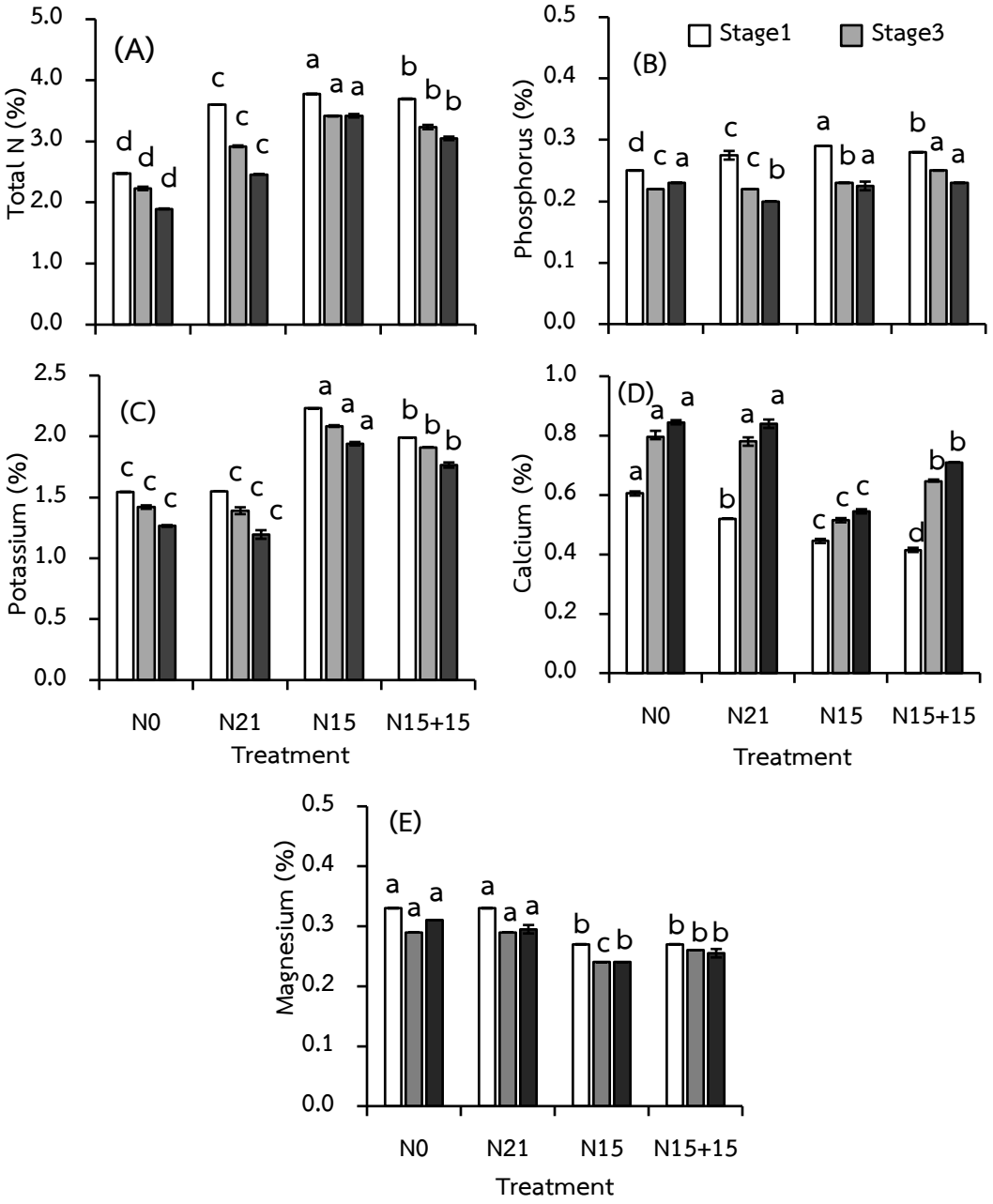
ภาพที่ 5 สัดส่วนมวลชีวภาพของใบ (A) ลำต้น (B) กิ่ง (C) และราก (D) ที่อายุ 135 วัน หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15) ตัวอักษรที่กำกับในภาพ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ในแต่ละระยะพัฒนาการของใบ (S1-S5) มีความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น ($P \leq 0.05$) แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)



ภาพที่ 6 สัดส่วนมวลชีวภาพภายในต้นพืช ใบ กิ่ง ลำต้น และราก ที่อายุ 135 วัน หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15) ตัวอักษรที่กำกับในภาพ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ในแต่ละระยะพัฒนาการของใบ (S1-S5) มีความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)

4. ผลของปุ๋ยต่อปริมาณการสะสมธาตุอาหารในใบพืชกระท่อม

ปริมาณธาตุอาหารในใบพืชกระท่อมหลังการทดลอง พบว่า ทุกระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 1 (S1) ใบคู่ที่ 3 (S3) และใบคู่ที่ 5 (S5) การให้ปุ๋ยแก่ต้นพืชกระท่อมส่งผลให้ระยะพัฒนาการของใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทุกระยะพัฒนาการของใบการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนสะสมในใบสูงที่สุด S1 S3 และ S5 มีค่าไนโตรเจนสะสมเท่ากับ 3.77 3.41 และ 3.42% รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 N21 และ N0 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.47 และ 2.23 และ 1.89% ตามลำดับ (ภาพที่ 7A) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบพืชกระท่อม พบว่า ระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 1 และ 3 การให้ปุ๋ยส่งผลให้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนระยะพัฒนาการคู่ใบที่ 5 การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 และ N15+15 ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (N0) ระยะพัฒนาการคู่ที่ 1 และ 3 มีการตอบสนองต่อการให้ปุ๋ยพบว่า ในระยะคู่ใบที่ 1 การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 ส่งผลให้ให้มีปริมาณการสะสมธาตุฟอสฟอรัสในใบสูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 0.29% ในขณะที่ระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 3 ของการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 ส่งผลใบมีการสะสมธาตุฟอสฟอรัสในใบสูงที่สุด คือ 0.25% (ภาพที่ 7B) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมในใบพบว่า ระยะพัฒนาการของใบไม่มีความแตกต่างกัน แต่ชนิดของปุ๋ยส่งผลให้ให้พืชมีการสะสมปริมาณฟอสฟอรัสในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทุกระยะพัฒนานาการของใบ พบว่า การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 ส่งผลให้พืชมีการสะสมฟอสฟอรัสสูงที่สุด เท่ากับ 0.29 0.25 และ 0.23% ในระยะคู่ใบที่ 1 3 และ 5 ตามลำดับ รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 มีค่าเท่ากับ 0.28 0.23 และ 0.23% ในระยะคู่ใบที่ 1 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (N0) (ภาพที่ 7C) ปริมาณการสะสมแคลเซียมในใบพืชกระท่อม พบว่า ปริมาณการสะสมแคลเซียมในการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 ซึ่งให้ค่าปริมาณการสะสมไม่ต่างกันกับชุดควบคุม ซึ่งค่ามีการสะสมแคลเซียมสูงที่สุด คือ 0.84% และต่ำที่สุด คือ 0.41% (ภาพที่ 7D) และการสะสมแมกนีเซียมพบว่า เป็นไปในทิศทางเดียวกับการสะสมแคลเซียม ซึ่งการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 ส่งผลให้มีการสะสมแมกนีเซียมในใบที่สูงกว่าทุกทรีตเมนต์และไม่แตกต่างกับชุดควบคุม (N0) โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 และ N15+15 มีการสะสมแมกนีเซียมที่น้อยกว่า ซึ่งการสะสมปริมาณแมกนีเซียมในใบสูงที่สุดที่ระยะพัฒนาการของที่คู่ที่ 1 รองลงมา คือ คู่ที่ 3 และ 5 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ที่ 0.33% (ภาพที่ 7E)



ภาพที่ 7 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชหลังให้ปุ๋ย 135 วัน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (A) เปอร์เซ็นโพแทสเซียม (B) %ฟอสฟอรัส (C) %แคลเซียม (D) และ %แมกนีเซียม (E) หลังให้ปุ๋ยในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15) ตัวอักษรที่กำกับ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ปุ๋ยที่แตกต่างกัน ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย (Control) 21-0-0 15-15-15 และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) มีความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)

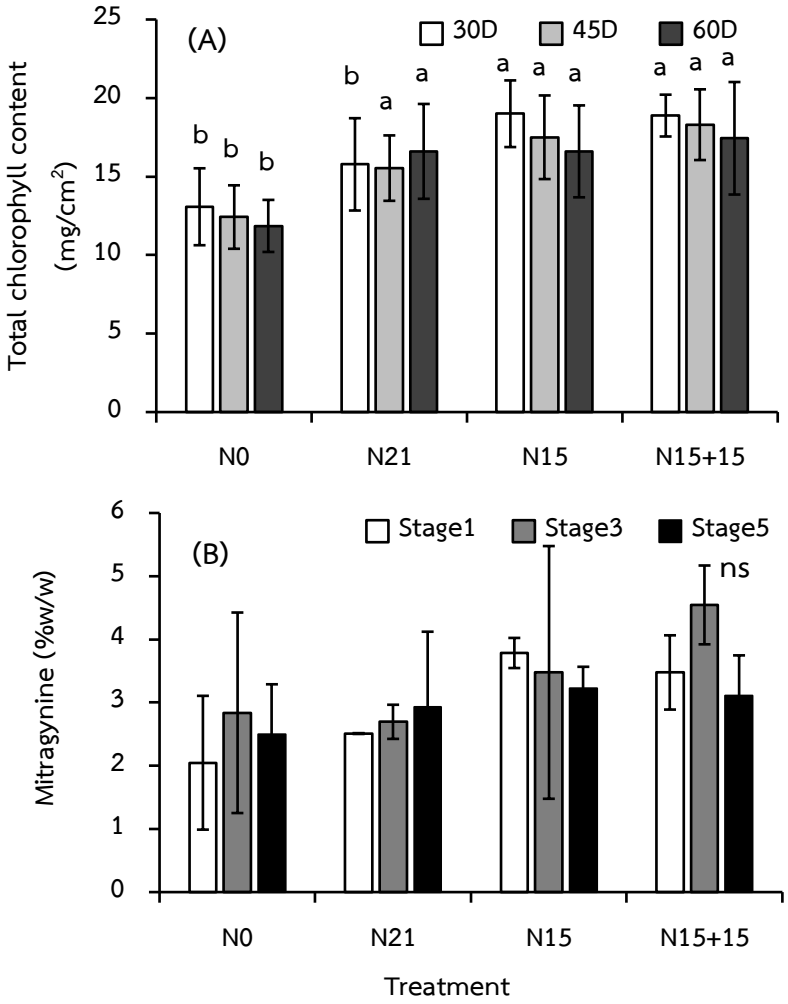
5. ผลของปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณสารไมทราไจนีนในใบพืชกระท่อม

5.1 ผลของปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์จากการทดลองการให้ปุ๋ยในพืชกระท่อมทั้ง 4 ทรีตเมนต์ พบว่า ที่ 30 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ส่งผลให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด คือ 33.7 มก./ตร.ซม. ขณะที่ชุดควบคุม (N0) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำที่สุด คือ 25.3 มก./ตร.ซม. ส่วนที่ 45 วันหลังจากการให้ปุ๋ย ปริมาณคลอโรฟิลล์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 และ N15 ไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด เท่ากับ 32.72 และ 31.58 มก./ตร.ซม. ตามลำดับ ในขณะที่การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N21 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกับชุดควบคุม (N0) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่า คือ 28.8 และ 24.38 มก./ตร.ซม. ตามลำดับ และที่ 60 วันหลังจากการให้ปุ๋ย มีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยในทรีตเมนต์ N15+15 เท่ากับ 31.49 มก./ตร.ซม. รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ N15 และ N21 มีค่าเท่ากับ 30.31 และ 30.31 มก./ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (N0) พบว่า ชุดควบคุม (N0) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำที่สุด คือ 23.58 มก./ตร.ซม. (ภาพที่ 8A)

5.2 ผลของปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารไมทราไจนีนในใบพืชกระท่อม

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารไมทราไจนีนหลังการเก็บเกี่ยวใบพืชกระท่อมหลังการให้ปุ๋ยอายุ 135 วัน เปรียบเทียบปริมาณสารไมทราไจนีนแต่ละระยะพัฒนาการของใบพบว่า ไม่แตกต่างกัน โดยการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 ส่งผลให้มีปริมาณไมทราไจนีนสูงที่สุดในใบระยะพัฒนาการคู่ใบที่ 3 คือ 4.54% น้ำหนักต่อน้ำหนัก รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 ในระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 1 มีปริมาณไมทราไจนีน 3.78% น้ำหนักต่อน้ำหนัก อย่างไรก็ตาม ปริมาณไมทราไจนีนต่ำที่สุด คือ ชุดควบคุม (N0) ในใบระยะพัฒนาการที่ 1 มีปริมาณไมทราไจนีน 2.04% น้ำหนักต่อน้ำหนัก ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการให้ปุ๋ยแต่ละสูตร ส่งผลให้มีค่าปริมาณไมทราไจนีนสูงหรือต่ำตามระยะพัฒนาการของใบที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 8B)



ภาพที่ 8 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชกระท่อมหลังจากการให้ปุ๋ย 30 45 และ 60 วัน ในแต่ละทรีตเมนต์ (A) และปริมาณไมทราไจนีนในใบพืชกระท่อมที่ระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 1 3 และ 5 หลังให้ปุ๋ย 135 วัน ในทรีตเมนต์ต่างๆ ได้แก่ ชุดควบคุม (N0) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 21-0-0 (N21) ให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (N15) และให้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 + N (ฉีดพ่นทางใบ) (N15+15) (B) ตัวอักษรที่กำกับในภาพ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ในแต่ละระยะพัฒนาการของใบ (S1-S5) มีความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น P≤0.05 แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)

ส่วนปริมาณสารไมทราไจนีนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหาร พบว่า ปริมาณไมทราไจนีนสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด โดยมีสมการ y = -2.0872x + 123.79 (r^2 = 0.928) รองลงมา คือ เปอร์เซ็นต์ไมทราไจนีน และแคลเซียม y = -1.9454x + 65.932 (r^2 = 0.673) %ไมทราไจนีนและไนโตรเจน y = -2.2598x + 73.865 มีค่า (r^2 = 0.622) เปอร์เซ็นต์ไมทราไจนีน และแมกนีเซียม y = 1.2593x + 4.5315 (r^2 = 0.376) เปอร์เซ็นต์ไมทราไจนีน และการสะสมโพแทสเซียมในใบความสัมพันธ์กันต่ำที่สุด โดยมีสมการ y = 0.3011x + 11.843 (r^2 = 0.007) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของระหว่างปริมาณ Mitragynine (%) กับปริมาณธาตุอาหาร (%) ในใบพืชกระท่อม

Relationship of nutrients	Equations	Correlation coefficient (r^2)
Mitragynine and nitrogen	y = -2.2598x + 73.865	0.622
Mitragynine and phosphorus	y = -2.0872x + 123.79	0.928
Mitragynine and potassium	y = 0.3011x + 11.843	0.007
Mitragynine and calcium	y = -1.9454x + 65.932	0.673
Mitragynine and magnesium	y = 1.2593x + 4.5315	0.376

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิร่วมกับสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการยืดอายุเก็บรักษาใบพืชกระท่อม

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักใบ

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักใบพืชกระท่อมหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 และ 25°ซ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อุณหภูมิ 15°ซ สามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักได้มากกว่าที่ 25 °ซ จึงสามารถเก็บรักษาผลผลิตใบพืชกระท่อมได้นานถึง 15 วัน โดยที่ 25°ซ พบว่า ใบพืชกระท่อมเริ่มเสื่อมสภาพเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน (ภาพที่ 10A) ส่วนการจุ่มแช่ไคโตซานพบว่า ทำให้ใบพืชกระท่อมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักลดลงในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้นของไคโตซาน 0.5% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด ส่งผลให้ยืดอายุใบพืชกระท่อมได้นานถึง 15 วัน (ภาพที่ 10B) ทั้งนี้ ปัจจัยความเข้มข้นของไคโตซานทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. การเปลี่ยนแปลงของสีใบ

การเปลี่ยนแปลงค่า L* ที่อุณหภูมิ 15 และ 25°ซ ตามความเข้มข้นของไคโตซานทุกระดับ พบว่า ที่อุณหภูมิ 15 °ซ ค่า L* มีค่าเฉลี่ยที่การเก็บรักษา 0 1 3 6 9 12 และ 15 วัน เท่ากับ 33.06 35.40 36.59 37.57 38.40 32.04 และ 32.28 ซึ่งแตกต่างกับค่าเฉลี่ยหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 0 1 3 6 และ 9 วัน คือ 33.61 33.88 36.82 32.53 และ 28.98 โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้มีสีใบพืชกระท่อมมีสีเข้มหรือเป็นสีคล้ำขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของไคโตซานแต่ละระดับ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 34.58 - 37.40 ทั้งนี้ มีแนวโน้มทำให้ค่า L* สูงขึ้น เมื่อเก็บรักษาได้นานเกินกว่า 9 วัน (ภาพที่ 11A1 - A2)

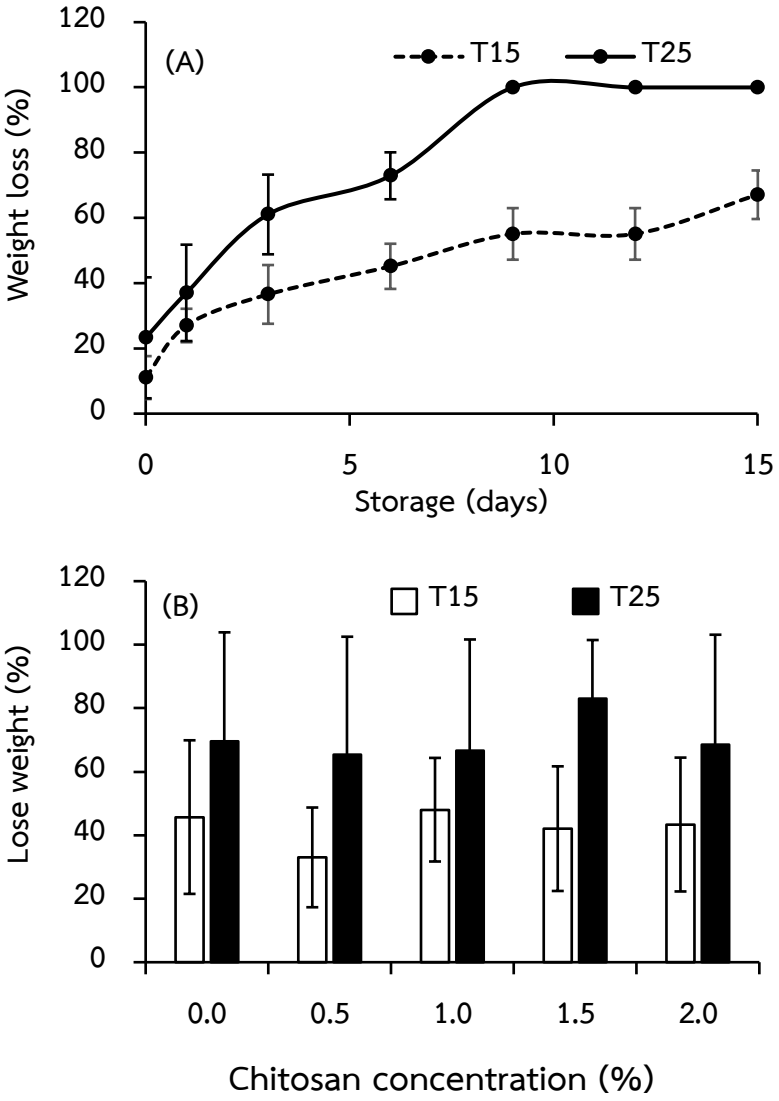
การเปลี่ยนแปลงค่า a* ที่อุณหภูมิ 15 และ 25 °ซ ตามความเข้มข้นของไคโตซานทุกระดับ พบว่า ที่ อุณหภูมิ 15°ซ ค่า a* มีค่าเฉลี่ยที่การเก็บรักษา 0 1 3 6 9 12 และ 15 วัน เท่ากับ -14.37 -10.15 -11.27 -10.96 -8.00 -6.32 และ -4.90 ตามลำดับ ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°ซ ค่า a* มีค่าเฉลี่ยการเก็บรักษา 0 1 3 6 และ 9 วัน เท่ากับ -13.92 -11.39 -10.54 -5.40 และ -2.86 ตามลำดับ ซึ่งจากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 15°ซ สามารถรักษาสีเขียวของใบพืชกระท่อมได้สูงกว่าที่ 25°ซ โดยที่ระยะเวลา 9 วันใบพืชกระท่อมเริ่มมีค่าเข้าใกล้ 0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าใบพืชกระท่อมเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลแกมแดง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของไคโตซานทั้ง 5 ระดับ คือ 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ -11.59 -8.65 -8.67 -8.29 และ -9.93 ตามลำดับ ส่วนที่ 25°ซ มีค่า -8.49

-11.46 -9.81 -8.81 และ -5.53 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความเข้มข้น 2% ส่งผลให้ a* มีค่าต่ำ แสดงถึงใบพืชกระท่อมมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลแกมแดง ซึ่งเป็นใบที่มีลักษณะเหี่ยวและแห้งกรอบ ทั้งนี้ มีแนวโน้มทำให้ค่า a* มีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาได้นานเกินกว่า 9 วัน (ภาพที่ 11B1 - B2)

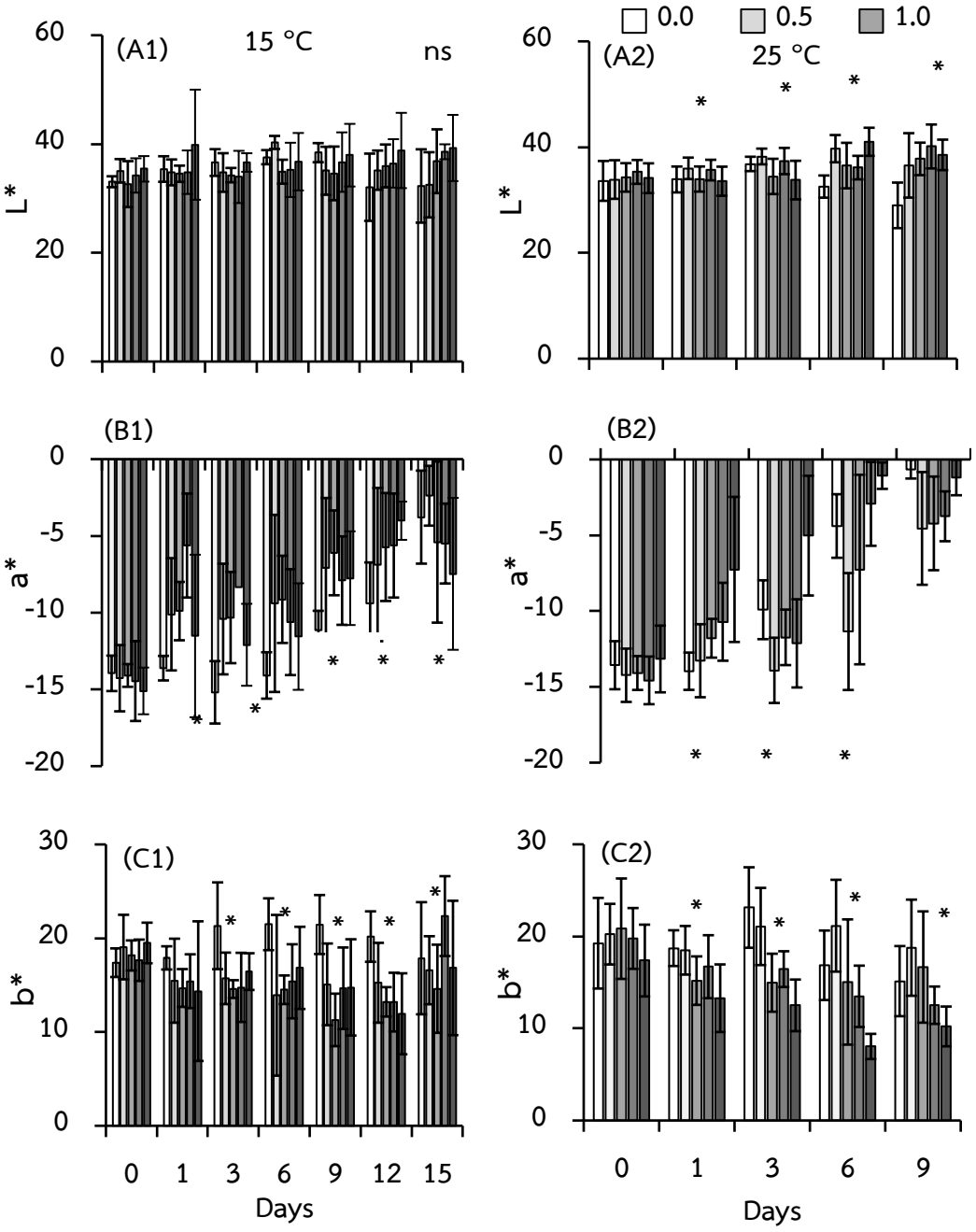
การเปลี่ยนแปลงค่า b* ที่อุณหภูมิ 15 และ 25 °ซ ตามความเข้มข้นของไคโตซานทุกระดับ พบว่า ที่ อุณหภูมิ 15 °ซ ค่า b* มีค่าเฉลี่ยที่การเก็บรักษา 0 1 3 6 9 12 และ 15 วัน เท่ากับ 19.49 14.35 16.44 16.83 14.75 11.94 และ 16.82 ซึ่งแตกต่างกับค่าเฉลี่ยหลังการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25°ซ ระยะเวลา (0 1 3 6 และ 9 วัน) เท่ากับ 17.37 13.28 12.50 8.04 และ 10.21 ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิ 15°ซ สามารถเก็บรักษาใบพืชกระท่อมได้นานกว่า 25 °ซ และรักษาความเป็นสีเหลืองได้นานกว่า โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของไคโตซานทั้ง 5 ระดับ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน คือ 15 °ซ มีค่าเท่ากับ 19.65 15.86 14.43 16.20 และ 15.80 ตามลำดับ และที่ 25 °ซ มีค่าเท่ากับ 18.62 19.94 16.54 15.78 และ 12.28 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของไคโตซานที่ระดับสูงส่งผลให้มีค่าความเป็นสีเหลืองลดลง ทั้งนี้มีแนวโน้มทำให้ค่า b* ลดลงเช่นกันเมื่อเก็บรักษาได้นานเกินกว่า 6 วัน (ภาพที่ 11C1 - C2)

3. การเปลี่ยนแปลงค่าคลอโรฟิลล์ของใบพืชกระท่อม

การประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบพืชกระท่อมด้วย Chlorophyll meter สามารถคำนวณได้จากสมการ $y = 0.6207x - 1.461$ ($r^2 = 0.890$) พบว่าสามารถประเมินค่าคลอโรฟิลล์ของใบพืชกระท่อมที่อุณหภูมิ 15 และ 25 °C ตามความเข้มข้นของไคโตซานทุกระดับได้ โดยที่ อุณหภูมิ 15°ซ ค่าคลอโรฟิลล์ของใบพืชกระท่อม มีค่าเฉลี่ยที่การเก็บรักษา 0 1 3 6 และ 9 วัน เท่ากับ 20.05 20.98 21.61 23.71 และ 26.57 มก./ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงและไม่แตกต่างกับที่อุณหภูมิ 25°ซ ส่วนค่าคลอโรฟิลล์ของใบพืชกระท่อมเฉลี่ยหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 - 9 วัน คือ 19.44 22.40 25.65 33.88 และ 34.06 มก./ตร.ซม. ตามลำดับ ในขณะที่การเก็บรักษาอุณหภูมิ 15°ซ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 12 และ 15 วัน มีค่าเท่ากับ 30.58 และ 34.22 มก./ตร.ซม. โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของไคโตซานแต่ละระดับ (0.0 - 2.0%) พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 22.90 - 26.66 มก./ตร.ซม. (ตารางที่ 2 และภาพที่ 12)



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของใบพืชกระท่อมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ (T15) และ 25°ซ (T25) ในช่วง 15 วัน (A) และความเข้มข้นของไคโตซาน (0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0%) (B) แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของความสว่าง (L*) (A1 และ A2) (15°ซ และ 25°ซ) ความเขียว-แดง (a*) (B1 และ B2) (15°ซ และ 25 °ซ) และการเปลี่ยนแปลงของสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) (C1 และ C2) ของใบพืชกระท่อมที่เคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% ที่อุณหภูมิ 15°ซ (A1, B1 และ C1) และ 25°ซ (A2, B2 และ C2) เป็นระยะเวลา 0 1 3 6 9 12 และ 15 วัน ตามลำดับ * คือ แตกต่างกันทางสถิติระหว่างไคโตซานแต่ละระดับที่ความเชื่อมั่น 95% แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชกระท่อมที่อุณหภูมิ 15 และ 25°ซ และความเข้มข้นของไคโตซาน 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0%

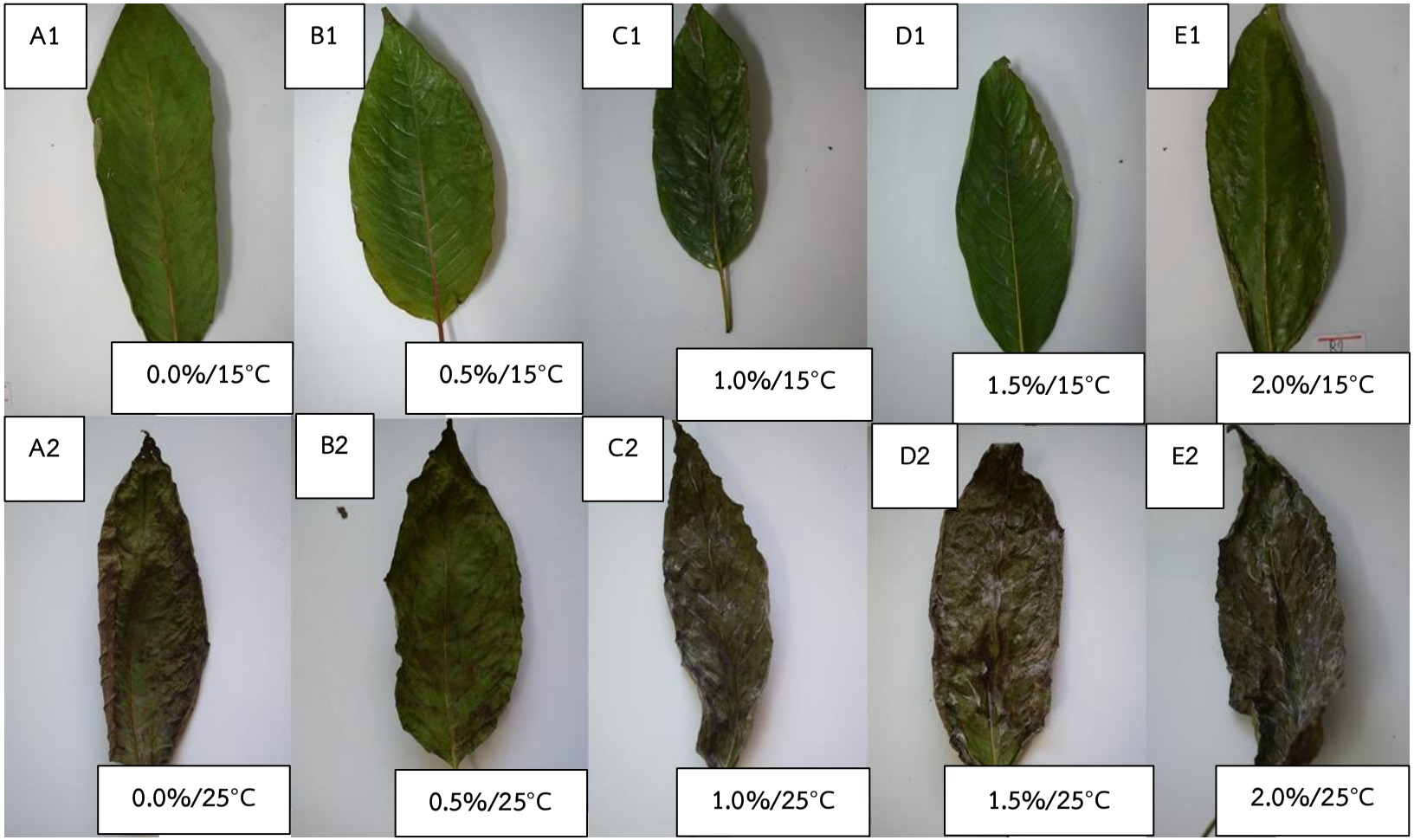
Temperature (°C)	chitosan (%)	Chlorophyll content (mg/cm^2) Storage (Days)						
		0	1	3	6	9	12	15
15	0.0	19.47±2.45	20.03±4.15	19.36±7.68^{B}	19.86±7.42^{Ba}	22.13±8.04	27.54±11.94^{A}	34.56±11.94^{A}
	0.5	21.96±5.30	20.31±9.33	21.23±11.2^{B}	23.85±13.31^{Ba}	27.37±15.46	29.70±16.88^{A}	34.42±15.85^{A}
	1.0	21.33±5.23	22.1±13.09	25.24±7.11^{B}	27.21±9.35^{Ba}	30.24±9.93	33.77±11.24^{A}	35.10±11.05^{A}
	1.5	18.90±5.02	23.41±5.37	21.78±7.02 ^{B}	24.62±9.92^{Ba}	27.79±10.47	29.49±9.914^{A}	34.87±10.63^{A}
	2.0	18.59±5.7	18.95±6.85	20.43±7.35^{B}	23.04±7.59^{Ba}	25.34±9.46	32.41±8.65^{A}	32.17±10.51^{A}
	Mean(1)	20.05±2.71	20.98±5.21	21.61±10.54	23.71±9.67	26.57±5.94	30.58±2.01	34.22±2.87
25	0.0	20.77±7.50	22.48±5.03	24.59±4.46^{A}	37.76±10.58^{Aa}	39.83±10.28	n/a	n/a
	0.5	17.38±6.93	19.25±7.44	20.28±11.20^{A}	26.66±16.49^{Aa}	30.57±16.99	n/a	n/a
	1.0	18.03±9.60	20.51±6.76	21.73±6.49^{A}	29.73±19.60^{Aa}	33.37±11.1	n/a	n/a
	1.5	19.81±2.94	22.03±5.98	24.82±6.12^{A}	33.67±14.83^{Aa}	33.43±12.42	n/a	n/a
	2.0	21.23±4.22	27.71±7.03	36.84±11.53^{A}	41.60±7.23^{Aa}	32.89±20.77	n/a	n/a
	Mean(1)	19.44±2.43	22.44±2.89	25.65±3.59	33.88±4.29	34.06±4.89		
T		ns	ns	*	**	ns	*	*
I		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
T x I		ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)		13.96	16.74	19.04	21.68	16.81	2.10	2.87

หมายเหตุ : (1) อุณหภูมิ 15 °ซ ที่ความเข้มข้นของไคโตซาน 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0%

(2) อุณหภูมิ 25 °ซ ที่ความเข้มข้นของไคโตซาน 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0%

T ปัจจัย A คือ อุณหภูมิ; I ปัจจัย B คือ ความเข้มข้นของไคโตซาน

ค่าเฉลี่ยตัวอักษรในแต่ละแถวและคอลัมน์ ตัวพิมพ์ใหญ่ (ตัวแรก) คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ ตัวพิมพ์เล็ก (ด้านหลัง) คือ ความแตกต่างของความเข้มข้น เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น P≤0.01 และ P≤0.05 * แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ns: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ n/a (not applicable) : ไม่มีข้อมูล



ภาพที่ 11 ลักษณะใบพืชกระท่อมหลังเคลือบไคโตซาน ระดับความเข้มข้น 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% และที่อุณหภูมิ 15 °ซ (A1-E1) และ 25 °ซ (A2-E2) ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 15 วัน

บทที่ 4

วิจารณ์

1. ผลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีใบพืชกระท่อม

การให้ปุ๋ยเคมีแก่พืชกระท่อมในรูปของสารละลาย ได้แก่ การพ่นทางใบ หรือทางดิน จึงเป็นวิธีการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชโดยตรง โดยการฉีดพ่นธาตุอาหารพืชในรูปแบบของสารละลาย ช่วยให้พืชสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดในการใช้สารละลายปุ๋ยที่มีความเข้มข้นสูงเกินไปอาจส่งผลเสีย ทำให้พืชมีลักษณะอาการใบไหม้ได้ ซึ่งมีการศึกษาการพ่นปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ทางใบ พบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบมีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (บุญร่วม, 2556) โดย Fan และคณะ (2020) ได้มีการศึกษาการสะสมธาตุอาหารและการกระจายตัวของมวลชีวภาพในยอดและผลของส้มที่ให้ผลผลิตต่ำ ปานกลาง และสูง พบว่า มีการสะสมธาตุอาหารสูงที่สุดบริเวณยอด และสารอาหารที่พืชได้รับมีการกระจายตัวเข้าไปสะสมอยู่ในเซลล์เนื้อเยื่อผลผลิตมากขึ้น ตามระดับของผลผลิต นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาของ ภาวิณี และคณะ (2562) การให้ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยมูลวัวผสมเคมี และปุ๋ยเคมี ในต้นบัวบกและเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญในใบ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอกลิก พบว่า ชนิดของปุ๋ยส่งผลให้ปริมาสารสำคัญในใบมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุดไม่ใส่ปุ๋ย เช่นเดียวกับ Vajari และคณะ (2018) ได้มีการทดสอบอิทธิพลของปุ๋ยยูเรียโดยการฉีดพ่นทางใบในกีวี่พบว่า มีผลต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและชีวเคมี เช่น ปริมาณคลอโรฟิลล์ ที่มีบทบาทในเชิงบวกต่อ Zn และ B ในใบพืช

การเจริญเติบโตของพืช หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตสารอัลคาลอยด์ที่มีคุณภาพและปริมาณสูง (Vu *et al*., 2006) ต่อปริมาณสารไมทราไจนีน (Shellard *et al*., 1978) ธาตุอาหารจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลกระทบต่อพัฒนาการด้านลักษณะสัณฐานและสรีรวิทยาของใบ (Leonor *et al*., 2014) โดย Al-Humaid (2005) รายงานว่า สารอัลคาลอยด์ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางถึงสูงต่อปริมาณอัตราไนโตรเจน นอกจากนี้ Zhang และคณะ (2020) ได้ศึกษาผลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณอัลคาลอยด์ในพืชกระท่อม พบว่า อัตราการให้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชกระท่อม ทำให้มีความสัมพันธ์กับปริมาณอัลคาลอยด์ภายในใบ และความเข้มข้นของสารไมทราไจนีน

1.1 ด้านการเจริญเติบโตในพืชกระท่อม

ชนิดของปุ๋ยส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชมีแตกต่างการกันทางสถิติ โดยมีการเปลี่ยนแปลงทุกส่วนของพืชเพิ่มขึ้น เช่น ใบ กิ่ง ความกว้างทรงพุ่ม ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น โดยพบว่า การให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 +N ทางใบ (N15+15) ส่งผลให้มีปริมาณน้ำหนักใบ พื้นที่ใบ ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น รวมถึงความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุด สอดคล้องกับ Zhang และคณะ (2020) รายงานว่า การเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการได้รับปุ๋ยในอัตราต่างๆ ในทำนองเดียวกัน เมื่อพืชได้รับปุ๋ยในอัตราที่เพิ่มขึ้นทำให้การขยายขนาดความกว้างทรงพุ่มของพืชโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 46 64 และ 56 ซม. เมื่อให้ปุ๋ยในระดับ ต่ำ กลาง และสูง ตามลำดับ นอกจากนี้ปุ๋ยที่ใช้มีส่วนประกอบของแมกนีเซียม จึงส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงและยืดขนาดของเซลล์พืชได้ดี สอดคล้องกับ Lopez และคณะ (2004) ที่ได้รายงานผลของการให้ปุ๋ยทางใบต่อความสูงของต้นพีช (*Prunus persica* L.) พบว่า การให้ปุ๋ยทางใบที่มีส่วนผสมของแมกนีเซียม ส่งผลต่อความสูงของต้น เนื่องจากแมกนีเซียมมีบทบาทในการยืดขนาดของเซลล์ของลำต้น จึงส่งผลให้ความสูงของต้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากแมกนีเซียมมีบทบาทในการสังเคราะห์แสง และเป็นองค์ประกอบหลักของคลอโรฟิลล์ สามารถสังเคราะห์แสง และสะสมอาหารเพิ่มขึ้นและมากกว่าการให้ปุ๋ยชนิดอื่น นอกจากนี้ Zekri และ Obreza (2006) พบว่า การที่พืชได้รับไนโตรเจนที่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้พืชมีการแบ่งเซลล์ ส่งเสริมการเจริญเติบโต และช่วยในการหายใจของพืชให้เป็นไปอย่างปกติ

1.2 ด้านการสะสมมวลชีวภาพในพืชกระท่อม

การสะสมมวลชีวภาพของพืชในส่วนต่างๆ ของต้นพืชกระท่อม พบว่า ทุกสัดส่วนของต้นมีการสะสมในปริมาณที่ใกล้เคียงกันทุกทรีตเมนต์ โดยในใบมีการสะสมชีวมวลสูงที่สุด เมื่อให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 มีค่าเท่ากับ 75.47% ส่วนของกิ่งมีการสะสมมวลชีวภาพสูงที่สุดเมื่อให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 โดยมีค่าเท่ากับ 78.92% ส่วนของลำต้นและรากมีการสะสมมวลชีวภาพสูงที่สุด 70.17 และ 70.20% ในชุดควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฬาลักษณ์ และคณะ (2555) รายงานว่า สัดส่วนมวลชีวภาพของต้นสบู่ดำ 4 พันธุ์ มีค่าการสะสมมวลชีวภาพที่ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ Zhang และคณะ (2020) ที่ได้ระบุว่ามวลชีวภาพใบกระท่อมแห้งทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ย โดยน้ำหนักของใบมากที่สุดตามการใส่ปุ๋ยในปริมาณสูง พบความแตกต่างของมวลชีวภาพใบแห้งระหว่างชุดที่ได้รับอัตราการใส่ปุ๋ยปริมาณสูงกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม มวลชีวภาพของพืชกระท่อมทั้ง 4 ทรีตเมนต์มีการสะสมสัดส่วนที่ไม่ต่างกัน

1.3 ด้านการสะสมธาตุอาหารในพืชกระท่อม

จากการศึกษาการสะสมธาตุอาหารพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และธาตุหารรอง ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สะสมในใบพืชกระท่อม พบว่า มีเปลี่ยนแปลงปริมาณสะสมธาตุอาหารในพืช ด้านปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน และปริมาณโพแทสเซียมในใบพืชกระท่อมสูงที่สุดทั้ง 3 ระยะพัฒนาการ จากการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15 ทั้งนี้ การดูดใช้ธาตุอาหารนี้จะเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในเชิงสรีรวิทยาของพืช และยังบ่งบอกถึงการสูญเสียปริมาณธาตุอาหารผ่านกระบวนการถ่ายเทไปยังผลผลิตพืชได้

1.4 ด้านปริมาณสารพฤกษเคมีในพืชกระท่อม

การเจริญเติบโตทางด้านใบของพืชกระท่อม 5 ระยะ สามารถแบ่งตามระยะพัฒนาการของใบโดย (S1) ใบมีอายุ 1-7 วัน ระยะที่ 2 (S2) ใบมีอายุ 7-13 วัน ระยะที่ 3 (S3) ใบมีอายุ 14-20 วัน ระยะที่ 4 (S4) ใบมีอายุ 20-26 วัน ระยะที่ 5 (S4) ใบมีอายุ 22-27 วัน ระยะพัฒนาการของใบเป็นปัจจัยที่นำมาใช้ในการจำแนกการพัฒนา ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงบางประการของใบ โดยใบพืชที่มีการพัฒนาการมากขึ้นส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของพืช การสะสมของสารพฤกษเคมีในใบน้อยลง (ภานุวัฒน์ และคณะ, 2560; Wang and Lin, 2000; Vargiri *et al*., 2015; Maxiselly *et al.,* 2022)

จากการศึกษาการให้ปุ๋ยแก่พืชกระท่อม พบว่า การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 ส่งผลให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยสูตรอื่นๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang และคณะ (2020) ที่ระบุว่าความเขียวใบของพืชกระท่อมสูงเมื่อพืชกระท่อมได้รับปุ๋ยแอมโมเนีย 7% ไนโตรเจน 8% ฟอสฟอรัส 9% และโปแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ 12% มีความเข้มข้นของปุ๋ยสูง ทำให้มีคลอโรฟิลล์มากกว่าต้นพืชกระท่อมในชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าการให้ปุ๋ยในปริมาณที่เพียงพอช่วยให้คลอโรฟิลล์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในส่วนของปริมาณสารไมทราไจนีน พบว่า ทุกทรีตเมนต์ไม่แตกต่างทางสถิติ การให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ N15+15 ระยะพัฒนาการคู่ใบที่ 3 ส่งผลให้มีปริมาณสารไมทราไจนีนที่สูงที่สุด 4.54% น้ำหนักต่อน้ำหนัก สอดคล้องกับ Zhang และคณะ (2020) รายงานว่า การให้ปุ๋ยในระดับสูงขึ้นทำให้มีปริมาณไมทราไจนีนสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ย N21 ไม่ได้ทำให้มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และไม่ได้ส่งผลให้มีปริมาณไมทราไจนีนสูงที่สุดเช่นกัน ขณะที่ปริมาณไมทราไจนีนในตัวอย่างใบในการศึกษาก่อนหน้านี้มีประมาณ 0.80 ถึง 2.38% (Kikura-Hanajiri *et al*., 2009; Mudge and Brown, 2017) แม้ว่าปริมาณสารไมทราไจนินที่ได้ระบุว่าเป็นอัลคาลอยด์หลักในพืช แต่ปริมาณของสารอาจมีความแตกต่างกันอย่างมากขึ้นอยู่กับแหล่งปลูก (Takayama, 1998) อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตทางลำต้นที่สูงในแต่ละ

สูตรปุ๋ยที่พืชกระท่อมได้รับ อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์สารสำคัญบางชนิดที่เพิ่มสูงแตกต่างกันด้วย (Senousy *et al*., 2014) เช่น สารทุติยภูมิ เป็นต้น

2. การยืดอายุการเก็บรักษาด้วยสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพของใบพืชกระท่อม

2.1 การยืดอายุการเก็บรักษาด้วยอุณหภูมิต่อคุณภาพของใบพืชกระท่อม

การยืดอายุการเก็บรักษาเป็นสิ่งที่ควรคำนึง ซึ่งผักและผลไม้อาจได้รับผลกระทบภายหลังจากการเก็บเกี่ยวส่งผลให้มีการเสื่อมสภาพและส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิตได้ โดยเฉพาะลักษณะทางกายภาพ เช่น สี เนื้อสัมผัส และความสด ซึ่งบางครั้งอาจส่งผลถึงราคาของผลผลิต (Liberty *et al*., 2013) จากการทดลอง พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าอุณหภูมิห้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการเก็บรักษาใบผักเหลียงที่อุณหภูมิ 13°ซ เก็บรักษาได้นาน 15 วัน ในขณะที่อุณหภูมิ 7 และ 20°ซ เก็บรักษาได้นานเพียงแค่ 5 และ 10 วัน (กนกพร, 2560) ทั้งนี้ อุณหภูมิห้องส่งผลให้ใบมีอาการเน่าเสียเนื่องจากเกิดจากความชื้นที่เหมาะสมอาจส่งให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดีขึ้นได้ เนื่องจากใบพืชกระท่อมมีพื้นที่และบริเวณพื้นผิวที่สัมผัสกับอากาศมาก ส่งผลให้มีการหายใจและคายน้ำสูง มีการสูญเสียน้ำหนักและคุณภาพง่าย การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจึงอาจทำให้เกิดเชื้อราและมีสีน้ำตาลได้ เนื่องจากเป็นตัวกระตุ้นการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันพืชจากความเครียด จากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ และการสร้างเม็ดสี รวมถึงการทำให้เป็นสีน้ำตาลของเนื้อเยื่อพืช (Lattanzio *et al*., 2006) ด้านอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลผลิต อุณหภูมิต่ำช่วยยืดอายุการเก็บรักษาโดยการลดอัตราการหายใจ รวมทั้งลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ (Watada *et al*., 1996) เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยวทำให้การหายใจลดลงโดยการสูญเสียน้ำซึ่งนอกจากส่งผลต่อน้ำหนักผลผลิตแล้ว ยังส่งผลต่อรูปลักษณ์ รสชาติ และเนื้อสัมผัสอีกด้วย (Schmitz *et al*., 2019)

2.2 การยืดอายุการเก็บรักษาด้วยสารเคลือบผิวไคโตซานต่อคุณภาพของใบพืชกระท่อม

ผลของการใช้ไคโตซานร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ สามารถทำให้พืชกระท่อมมีความสดมากกว่าใบพืชกระท่อมที่ไม่ได้เคลือบไคโตซาน จึงช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของใบพืชกระท่อมระหว่างการเก็บรักษาได้ ขณะเดียวกันการเก็บรักษาใบพืชกระท่อมไม่พบการเกิดโรคจากเชื้อรา (Badawy and Rabea, 2009) เนื่องจากไคโตซานสามารถช่วยเสริมกลไกการป้องกัน

จุลินทรีย์และต่อต้านการเกิดของเชื้อราได้ (Hernandez-Munoz *et al*., 2006; Zhang และ Quantick, 2015) เช่นเดียวกับการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1.0% สามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในหน่อไม้ฝรั่งได้ ดังนั้น ไคโตซานจึงสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงของสี และรักษาความสดของใบพืชกระท่อมได้ (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับการใช้ไคโตซานในการยืดอายุใบมอนสเตอร่า มีประสิทธิภาพในการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพใบและปริมาณการสูญเสียจำนวนใบ (Altieri *et al*., 2005) เนื่องจากสารเคลือบไคโตซานสร้างฟิล์มแบบกึ่งซึมผ่านได้บนพื้นผิว จึงชะลออัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำหนัก และยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงสีของใบพืชกระท่อม โดยสังเกตจากค่าความสว่างและความเข้มสีที่ผ่านการเคลือบไคโตซานเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ไม่ได้คลือบด้วยไคโตซาน พบว่า การเคลือบไคโตซานทำให้ผลผลิตเปลี่ยนสีช้าลงในระหว่างการเก็บรักษา (Kittur *et al*., 2001; Baez-sanudo *et al*., 2009) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาผลสตอเบอร์รี่ ลักษณะสีของผลและภายหลังเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงสีที่ช้าลง Hernandez-Munoz และคณะ (2006) จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการยืดอายุการเก็บรักษาใบพืชกระท่อมจำเป็นต้องมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น หรือสามารถขนส่งได้ในระยะไกล อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นต้องศึกษาช่วงอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีในใบและการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาต่อไป

พืชกระท่อมเป็นพืชท้องถิ่นที่มีสรรพคุณทางยา ทางแพทย์แผนไทย และภูมิปัญญาชาวบ้าน เนื่องจากพืชกระท่อมเป็นพืชที่มีสรรพคุณที่หลากหลาย โดยการผลิตให้ได้มาตรฐานและมีคุณภาพนั้น ต้องคำนึงหลายประการและมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตพืชกระท่อม จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาต่อนำไปใช้ประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชกระท่อม และปริมาณสารอัลคาลอยด์ การเจริญเติบโตจึงเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณไมทราไจนีน จากผลการศึกษางานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ระยะพัฒนาการของใบพืชกระท่อม และการให้ปุ๋ยทรีตเมนต์ต่างๆ แก่พืชกระท่อม อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสัณฐานและสรีรวิทยาของพืช การสังเคราะห์แสงของพืช การเจริญเติบโตของพืชกระท่อม การเพิ่มขึ้นของจำนวนใบ น้ำหนักใบ พื้นที่ใบ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังส่งผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม ได้แก่ ปริมาณสารไมทราไจนีน นอกจากนี้ การเก็บรักษาใบพืชกระท่อมที่อุณหภูมิต่ำส่งผลให้สภาพใบพืชกระท่อมชะลอการสูญเสียน้ำหนักของใบ อาการเหี่ยว และการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณแผ่นใบ ทั้งนี้อุณหภูมิต่ำอาจช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาเมทาบอลิซึม การหายใจของผลิตผลลดลง รวมถึงการช่วยชะลอเสื่อมสภาพของผนังเซลล์ ซึ่งนำไปสู่การลดการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ อย่างไรก็ตาม การใช้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไป อาจส่งผลทำให้ใบพืชกระท่อมมีลักษณะสีน้ำตาลบนแผ่นใบอันเนื่องมาจากการสะท้านหนาวขณะกระทบอุณหภูมิต่ำมากได้ (ธิติมา, 2551)

แนวทางการวิจัยในอนาคต หากผู้วิจัยสนใจศึกษาควรมีการศึกษาช่วงอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม และการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษา การวิเคราะห์ชนิดของสารที่เป็นประโยชน์เพิ่ม เพื่อนำไปต่อยอดใช้ในทางเภสัชวิทยา หรือการวิจัยเชิงลึกเกี่ยวกับสารออกฤทธิ์อื่นๆ ในใบพืชกระท่อม เพื่อนำไปใช้เป็นยารักษาโรคต่างๆ ตลอดจนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบพืชกระท่อม เช่น ชา เครื่องดื่ม และยารักษาโรค เป็นต้น

จากผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเก็บเกี่ยวระยะใบพืชกระท่อมที่เหมาะสมที่สุด ช่วงอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารพฤกษเคมีในใบ และการใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ วิธีการเก็บรักษาใบพืชกระท่อมที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และสมุนไพร อย่างไรก็ตาม ในการเลือกวิธีการนำไปใช้ประโยชน์ จากการศึกษาข้างต้นควรเลือกทรีตเมนต์ปุ๋ยในสูตร (N15+15) ร่วมกับการฉีดพ่นทางใบ เพื่อให้พืชกระท่อมมีการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตใบที่มีคุณภาพ และมีปริมาณสารพฤกษเคมีสูง นอกจากนี้ สามารถทราบวิธีการปลูกและดูแลรักษาต้นพืชกระท่อม การใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ เพื่อให้พืชมีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตใบที่มีคุณภาพสูง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ในอนาคต

บทที่ 5

สรุป

การเจริญเติบโตของต้นพืชกระท่อม และลักษณะสัณฐานสรีรวิทยา มีความแตกต่างกันทางสถิติกับปุ๋ยในแต่ละทรีตเมนท์ โดยจากการศึกษา พบว่า การใช้ปุ๋ย 15-15-15+N ทางใบ (N15+15) ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงที่สุด ได้แก่ ปริมาณน้ำหนักใบ พื้นที่ใบ ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และความกว้างทรงพุ่ม

การสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของต้นพืช และปริมาณธาตุอาหารในใบกระท่อม พบว่า ทุกส่วนของต้นพืชกระท่อมมีการสะสมมวลชีวภาพในปริมาณที่ใกล้เคียงกันทุกทรีตเมนต์ โดยในใบมีการสะสมมวลชีวภาพสูงสุดเมื่อให้ปุ๋ย N15 (75.47%) ส่วนของกิ่งมีการสะสมชีวมวลสูงสุดในปุ๋ย N15+15 (78.92%) ส่วนของลำต้นและรากมีค่าใกล้เคียงกัน (70.17% และ 70.20%) อย่างไรก็ตาม การให้ปุ๋ยกระท่อมทั้ง 4 ทรีตเมนต์มีการสะสมสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกัน

ส่วนอิทธิพลของปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสะสมธาตุอาหารในใบพืชกระท่อม พบว่า การให้ปุ๋ย N15 ทำให้ต้นพืชกระท่อมมีการสะสมปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน และปริมาณโพแทสเซียมในใบพืชกระท่อมสูงสุดทั้ง 3 ระยะพัฒนาการ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในใบมีการสะสมสูงสุดในระยะพัฒนาการของใบคู่ที่ 3 และ 5 เมื่อให้ปุ๋ย N15+15 ขณะที่การให้ปุ๋ย N21 ทำให้พืชกระท่อมมีปริมาณ Ca และ Mg สะสมในใบสูง ทั้ง 3 ระยะพัฒนาการ รวมถึงการปริมาณสารไมทราไจนีนที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษานี้ใบพืชกระท่อมมีปริมาณสารไมทราไจนีนสูงสุด 4.54% น้ำหนักต่อน้ำหนัก ในระยะพัฒนาการคู่ใบที่ 3

การใช้อุณหภูมิต่ำร่วมกับการใช้สารเคลือบผิวไคโตซาน พบว่า การใช้สารเคลือบผิวไคโตซานระดับความเข้มข้นต่ำ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาใบพืชกระท่อมได้ โดยการเก็บรักษาใบพืชกระท่อมที่อุณหภูมิ 15°ซ ร่วมกับไคโตซานความเข้มข้น 0.5% ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาใบพืชกระท่อมได้นาน 15 วัน ขณะที่อุณหภูมิ 25°ซ ร่วมกับไคโตซานทุกความเข้มข้นเก็บรักษาใบพืชกระท่อมได้ 9 วัน

เอกสารอ้างอิง

กนกพร บุญญะอติชาติ. 2560. ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาการเก็บรักษาต่ออายุการวางจำหน่ายใบผักเหลียงแบบพร้อมปรุง. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 4: 55-59.

กมลลักษณ์ ลือเรื่อง, มีนา โรจนโพธิ์ และสุภัทรา กลางประพันธ์. 2562. สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบในพิกัดยาตรีกฎก. วารสารหมอยาไทยวิจัย 5: 1-19.

กมลศิริ พันธนิยะ. 2546. ไคติน ไคโตซาน. เข้าถึงได้จาก: http://www.nicaonline.com. [เข้าถึงเมื่อ 9 มีนาคม 2563].

กองควบคุมวัตถุเสพติด 2555. พืชกระท่อม (Kratom).สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. เข้าถึงได้จาก: http://narcotic.fda.moph.go.th/welcome/?p=2539 [เข้าถึงเมื่อ 13 กรกฎาคม 2563].

กิตติศักดิ์ เหมือนดาว. 2561. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารไมทราไจนีนเพื่องานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์และฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียจากกระท่อม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จำเป็น อ่อนทอง. 2560. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล. 2554. พืชออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท. สงขลา: ภาควิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล. 2560. พืชกระท่อม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. เข้าถึงได้จาก: https://ccpe.pharmacycouncil.org/index.php?option=article_detail&subpage=article_detail&id=251 [เข้าถึงเมื่อ 7 ตุลาคม 2563].

จุฬาลักษณ์ ขวัญเจริญศรี, กิตติ เอกอำพน และรุ่งเรือง พูลศิริ. 2556. การเติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในสบู่ดำ. วารสารวนศาสตร์ 32: 1-11.

ชวนพิศ จิระหงษ์, วานิช ศรีละออง และเฉลิมชัย วงษ์อารี. 2548. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกะเพราที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่อุณหภูมิต่ำ. เข้าถึงได้จาก: https://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ai063 [เข้าถึงเมื่อ 6 กรกฎาคม 2564].

ช่อลดา พันธุเสนา, สาวิตรี อัษณางค์กรชัย, สุจิตรา จรจิตร, อมรา ศรีสัจจัง, สมลักษณ์ สังข์เกษม, ขวัญตา บาลทิพย์, เยาวรัตน์ มัชณิม และพิไลรัตน์ ทองอุไร. 2545. การทบทวนองค์ความรู้

เรื่องสภาพปัญหา และมาตรการในการจัดการกับปัญหาการใช้สารเสพติดในภาคใต้. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณัฐวิทย์ ญาณพิสิฐกุล, ระวี เจียรวิภา และสุรชาติ เพชรแก้ว. 2562. การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและสรีรวิทยาภายใต้สภาวะร่มเงาและตำแหน่งคู่ใบของใบกาแฟโรบัสต้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27: 1046-1057.

ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2537. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เต็ม สมิตินันทน์. 2557. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.

ธิติมา วงษ์ชีรี. 2551. ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์และการเกิดอาการสะท้านหนาวของใบพืชสกุลกะเพรา. ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเกษตรชศาสตร์. 125 หน้า.

บุญร่วม คิดค้า. 2556. การเจริญเติบโตปีที่สองและผลของปุ๋ยทางใบต่อของมะกอกโอลีฟพันธุ์ Arbequina ในพื้นที่อนุรักษ์พันธุกรรมพืชของมหาวิทยาลัยพะเยา. วารสารมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 6: 106-110.

ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2537. เทคโนโลยีผักและผลไม้. สงขลา: ภาควิชาอุสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

ปานทิพย์ บุญส่ง และวัลภา เนตรดวงตา. 2557. ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของใบพืชไม้ผลเขตร้อนบางชนิด. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 24: 624-633.

พิสมัย อนุสรณ์วานิช. 2562. องค์ประกอบสารพฤกษเคมีในระยะพัฒนาการของใบกาแฟโรบัสต้าและการใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตชาใบกาแฟ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

ภานุวัฒน์ สีพันธ์, สกุลกานต์ สิมลาม, พัชรี สิริตระกูลศักดิ์ และชฎาพร เสนาคุณ. 2560. ระยะพัฒนาการต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบมะนาวโห่. วารสารแก่นเกษตร 45: 336-341.

ภาวิณี อารีศรีสม, นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ และเทิดศักดิ์ โทณลักษณ์. 2562. ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและเคมีของบัวบก. วารสารวิทยาศตร์และเทคโนโลยี 27: 1-18.

วรรณี ฉินศิริกุล, อศิรา เฟื่องฟูชาติ, วาณี ชนเห็นชอบ, นพดล เกิดดอนแฝก, ชาริณี วิโนทพรรษ, กาญจนา บุญเรือง และปราโมทย์ คุ้มสังข์. 2548. ฟิล์มบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ เพื่อยืดอายุและการเก็บรักษาคุณภาพของผักและผลไม้สด. เข้าถึงได้จาก:

https://www.nstda.or.th/tlo/upload_techno/175.pdf [เข้าถึงเมื่อ 11 กันยายน 2563].

วุฒิเชษฐ รุ่งเรือง. 2562. พิษวิทยาของพืชกระท่อม. วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาล 30: 118-114.

สมนึก บุญสุภา. 2559. พืชกระท่อม พืชที่ทุกคนอยากรู้. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. เข้าถึงได้จาก: http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/ [เข้าถึงเมื่อ 4 มกราคม 2563].

สมบูรณ์ เตชะภิญญาวัฒน์. 2554. สรีรวิทยาของพืช. ข้อมูลบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สรวิศ แจ่มจำรูญ. 2556. การยืดอายุผักและผลไม้. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. เข้าถึงได้จาก: https://www.tistr.or.th/tistrblog/?p=1639 [เข้าถึงเมื่อ13 กรกฎาคม 2563].

สังคม เตชะวงค์เสถียร. 2542. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของพืช. ขอนแก่น: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สาวิตรี อัษณางค์กรชัย, อาภา ศิริวงศ์ ณ อยุทธยา, ไพศาล ลิ้มสถิตย์, นิวัติ แก้วประดับ, สมสมร ชิตตระการ, จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล, เอกสิทธิ์ กุมารสิทธิ์, สมชาย ศรีวิริยะจันทร์, ดาร์เนีย เจ๊ะหะ, วัชรพงศ์ พุ่มชื่น และดารีกา ใสงาม. 2563. บทสรุปของพืชกระท่อม. สงขลา: ศูนย์ศึกษาปัญหาการเสพติด หน่วยระบาดวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด. 2564. ความรู้ทั่วไปและงานวิจัยพืชกระท่อม.เข้าถึงได้จาก: https:// kratom.sci.psu.ac.th/wp content/uploads/2021/08/ความรู้ทั่วไปและงานวิจัยพืชกระท่อม.pdf [เข้าถึงเมื่อ15 มีนาคม 2566].

อรุณทิพย์ เหมะธุลิน, สกุลกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง และสุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2555. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (L*, a* และ b*) กับปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. วารสารแก่นเกษตร 40: 59-64.

เอกรินทร์ สายฟ้า, บุญยงค์ สันติสิระ, กาญจนพิมล ฤทธิ์เดช, ชำนาญ ภัตรพานิช, มยุรี ตันติสิระ และสุชาดา ชุดิมาวรพันธ์. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ผู้บริหาร การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอางที่มีมาตรฐานจากสมุนไพรบัวบกสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม เกษตร. หน้า 2-3. กรุงเทพฯ: คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Al-Humaid, A.I. 2005. Effects of compound fertilization on growth and alkaloids of datura plants. Journal of Plant Nutrition 27: 2203–2219.

Altieri, C., Scroco, C., Sinigaglia, M. and Nobile, M.A.D. 2005. Use of chitosan to prolong mozzarella cheese shelf life. International Journal of Dairy Science 88: 2683-2688.

Babu, K.M., McCurdy, C.R. and Boyer, E.W. 2008. Opioid receptors and legal highs: *Salvia divinorum* and Kratom. Clinical Toxicology 46: 146–152.

Badawy, M.E.I. and Rabea, E.I. 2009. Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 51: 110-117.

Baez-sanudo, M., Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D. and Heredia, J.B. 2009. Extending the shelf-life of bananas with 1-methyl cyclopropene and a chitosan-basededible coating. Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 2343–2349.

Cantwell, M.T. and Kasmire, R.F. 2002. Postharvest handling systems: flower, leafy, and stem vegetables, *In* Postharvest Technology of Horticultural Crops (ed. A.A. Kader,) pp. 423-434. California: Division of Agriculture and Natural Resources, University of California.

Department of Primary Industries and Regional Development. 2016. Storage of fresh fruit and vegetables. Available from: https://www.agric.wa.gov.au/fruit/ storage-fresh-fruit-and-vegetables, [accessed on 8 July 2021].

Devlieghere, F., Vermeulen, A. and Debevere, J. 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables Food Microbiology 21: 703-714.

Djè, M.K., Djaman, A.J., Mazabrau, A., Guédé-Guina, F. 1997. Activité antiplasmodiale des alcaloïdes totaux de *Mitragyna ciliata* sur le *Plasmodium falciparum* chloroquine-résistant Acta Biologica Marisiensis 2: 4-9.

Dongmo, A.B., Kamonyi, A., Dzikouk, G., Nkeh, B.C., Tan, P.V., Nguelefack, T. Nole, T., Bopelet, M. and Wagner, H. 2003. Anti-inflammatory and analgesic properties of the stem bark extract of *Mitragyna ciliata* (Rubiaceae) Aubrév. & Pellegr. Journal of Ethnopharmacology 84:17-21.

Drug Enforcement Administration. 2019. Kratom (*Mitragyna speciosa* Korth), Office of Diversion Control, Drug & Chemical Evaluation Section, Available from:

http://www.deadiversion.usdoj.gov/drug_chem_ info/kratom.pdf. [accessed on 6 Mar 2020].

Eisenmann, S.W. 2015. The botany of *Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil. and related species. *In*. Kratom and Other Mitragynines. (ed. R.B. Raffa) pp. 57–76. New York: CRC Press.

Fan, Z., Xiong, H., Luo, Y., Wang, Y., Zhao, H., Li, W. He, X., Wang, J., Shi, X. and Zhang, Y. 2020. fruit yields depend on biomass and nutrient accumulations in new shoots of citrus trees. Journal of Agronomy 10: 1-11.

Garcia-Romeu, A., Cox, D.J., Griffiths, R.R., and Dunn, K.E. 2017. User demographics, use patterns, and implications for the opioid epidemic. Drug and Alcohol Dependence 208: 1-8.

Godofredo, U.S. 2021. The Story Behind the Medicinal Plant Compilation. Available from: http://www.stuartxchange.org/Kaim. [accessed on 9 July 2022].

Hassan, Z., Muzaimi, M., Navaratnam, V., Yusoff. N.H., Suhaimi, F.W., Vadivelu, R., Vicknasingam, B.K., Amato, D., von Hörsten, S., Ismail, N.I., Jayabalan, N., Hazim, A.I., Mansor, S.M. and Muller, C.P. 2013. From Kratom to mitragynine and its derivatives: physiological and behavioural effects related to use, abuse, and addiction. Neurosci Biobehav Reviews 37: 138-151.

Henningfield, J.E. 2017. Written summary of oral testimony for the State of Wisconsin Controlled Substances Board. Available from: http://botanical-education.org/. [accessed on 16 November 2021].

Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Ocio, M.J. and Gavara, R. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). Postharvest Biology and Technology 39: 247-253.

Janchawee, B., Keawpradub, N., Chittrakarn, S., Prasettho, S., Wararatananurak, P. and Sawangjareon, K. 2007. A high-performance liquid chromatographic method for determination of mitragynine in serum and its application to a pharmacokinetic study in rats. Biomedical Chromatography 21: 176-183.

Kikura-Hanajiri, R., Kawamura, M., Maruyama, T., Kitajima, M. Takayama, H. and Goda, Y. 2009. Simultaneous analysis of mitragynine, 7-hydroxymitragynine, other alkaloids in the psychotropic plant “Kratom” (*Mitragyna speciosa*) by LC-ESI-MS. Forensic Toxicology 27: 67-74.

Kittur, F.S., Saroja, N.S., Habibunnisa and Tharanathan, R.N. 2001. Polysaccharide-based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. European Food Research and Technology 213: 306-311.

Kratom Lounge. 2009. History. Available from: https://www.kratomlounge.com/ [accessed on 6 January 2020].

Lattanzio, V., Lattanzio, V.M.T. and Cardinali, A. 2006. Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. Recent Advances in Phytochemistry 2: 23-67.

Leonor, G.G., Ana, V.I., Chavesb, C., Pinheirob, D., Vagner, Q., Jenny, R.C. and Ricardob, P. 2014. Effect of greenhouse conditions on the leaf apoplastic proteome of *Coffea arabica* plants. Journal of Proteomics 57: 1-12.

Li, Y., He, N., Hou, J., Xu, L., Liu, C., Zhang, J., Wang, Q., Zhang, X. and Wu, X. 2018. Factors influencing leaf chlorophyll content in natural forests at the biome scale. Frontiers in Ecology and Evolution 6: 1-10.

Liberty, J.T., Okonkwo, W.I. and Echiegu, E.A. 2013. Evaporative cooling: a postharvest technology for fruits and vegetables preservation. International Journal of Engineering Research. 2229-5518.

Lopez, C.A., Botia, M., Alcaraz, C.F. and Riquelme, F. 2004. Effect of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on peach (*Prunus persica* L.) fruit quality. Science of Food and Agriculture 84: 949–954.

Matsumoto, K., Horie, S., Ishikawa, H., Takayama, A.N., Ponglux, D. and Watanabe, K. 2004. Antinociceptive effect of 7-hydroxymitragynine in mice: Discovery of an orally active opioid analgesic from the Thai medicinal herb *Mitragyna speciosa*. Life Sciences 74: 2143–2155.

Maxiselly, Y., Anusornwanit, P., Rugkong, A., Chiarawipa, R. and Chanjula, P. 2022. Morpho-physiological traits, phytochemical composition, and antioxidant activity of canephora coffee leaves at various stages. International Journal of Plant Biology 13: 106-114.

Mudge, E.M. and Brown, P.N. 2017. Determination of mitragynine in *Mitragyna speciosa* raw materials and finished products by liquid chromatography with UV detection: single-Laboratory validation. Journal of AOAC International 100: 18-24.

Mun Hue, S., Boyce, A. N. and Somasundram, C. 2011. Influence of growth stage and variety on the pigment levels in *Ipomoea batatas* (sweet potato) leaves. Agricultural Research 6: 2379-2385.

Ninjabotanicals. 2019. How to make a Kratom plant cutting. Available from: https://www.ninjabotanicals.com/post/how-to-make-a-kratom-plant-cutting [accessed on 6 May 2022].

No, H.K., Meyers, S.P. Prinyawiwatkul, W. and Xu, Z. 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. Journal of Food Science 72: 87-100.

Owolabi, M.S., Ogundajo, L.A., Solomon, B.O., Olatunde, L., Poudel, A., Powers, C.N. and Setzer W.N. 2020. Chemical constituents and antifungal properties of the essential oils from the stem bark of *Mitragyna ciliata* Aubrév. & Pellegr. and leaves of *Cynometra vogelii* Hook. f. from Nigeria. American Journal of Essential Oils and Natural Products 8: 1-5.

Parthasarathy, S., Azizi, J.B., Rammanathan, S., Ismail, S., Sasidharan, S., Said, M.I.M. and Mansor, S.M., 2009. Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of aqueous, methanolic and alkaloid extracts from *Mitragyna Speciosa* (Rubiaceae family). Journal of Molecules 14: 3964-3974.

Parthasarathy, S., Ramanathan, S., Murugaiyah, V., Hamdan, M.R., Said, M.I.M., Lai, C.S. and Mansor, S.M. 2013. A simple HPLC-DAD method for the detection and quantification of psychotropic mitragynine in *Mitragyna speciosa* (ketum) and its products for the application in forensic investigation. Forensic Science International 226: 183-187.

Romanazzi, G., Feliziani, E., Baños, S.B. and Sivakumar, D. 2015. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. DOI: 10.1080/10408398.2014.900474.

Schmitz, F.R.W., Carvalho, L.F.D., Bertoli, S.L., and Souza, C.K.D. 2019. Effect of refrigerated storage conditions on leafy vegetables. MOJ Food Processing & Technology 7: 75-77.

Seidl, P.R. 1999. Prospects for Brazilian Natural Products. Anais da Academia Brasileira de Ciencias. 71: 239-247.

Senousy, A.S.E., Farag M.A., Al-Mahdy and Wessjohann, L.A. 2014. Developmental changes in lesf phenolic compositions from three artichoke cvs (*Cynara scolymus*) as determined vai UHPLC-MS and chemometrics. Phytochemistry 108: 67-76.

Shellard, E.J. 1989. Ethnopharmacology of kratom and the mitragyna alkaloids. Journal of Ethnopharmacology 25: 123-124.

Shellard, E.J., Houghton, P.J., and Resha, M. 1978. The *Mitragyna Species* of Asia. Planta Medica 34: 253–263.

Takayama, H. 2004. Chemistry and pharmacology of analgesic indole alkaloids from the rubiaceous plant, *Mitragyna speciosa*, (Tokyo). Chemical and Pharmaceutical Bulletin 52: 916-928.

Takayama, H., Kurihara, M., Kitajima, M. I, Said, M., and Aimi, N. 1998. New indole alkaloids from the leaves of Malaysian *Mitragyna speciosa*. Tetrahedron 54: 8433–8440.

Vajari, M.A., Eshgh, S., Moghadam, J.F. and Gharaghani, A. 2017. Late season mineral foliar application improves nutritional reserves and flowering of kiwifruit. Journal of Scientia Horticulturae 232: 22-28.

Vargiri, M., Conner, S., Stewart, D., Andersson, S.C., Verrall, S.E., Johansson and Rumpunen, K. 2015. Phenolic compounds in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) Leaves relative to leaf position and harvest date. Journal of Agricultural and Food Chemistry 172: 135-142.

Vasmatkar, P., Dubey, A., Tyagi, B., Baral, P., Tandon, S. and Kadam, A. 2014. Antibacterial attivity and GC-MS analysis of methanolic extract from stem bark and leaves of *Mitragyna parvifolia* (ROXB). KORTH. Journal of Pharmaceutical Research 4: 2231-6876.

Veltri, C. and Grundmann, O. 2019. Current perspectives on the impact of Kratom use. Substance Abuse and Rehabilitation 10: 23-31.

Vu, T.D., Tran, T.L. M., Biteau, F., Mignard, B., Fevre, J.P., Guckert, A., Bourgaud, F. and Gontier, E. 2006. Improvement of secondary metabolites production in hydroponiccultures by mechanical and biological processes. Proceedings of International Workshop on Biotechnology in Agriculture. 20: 195–200.

Wang, S.Y. and Lin, H.S. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48: 140-146.

Wang, W., Carrell, E.J., Ali, Z., Avonto, C., Parcher, J.F. and Khan, I.A. 2014. Comparison of three chromatographic techniques for the detection of mitragynine and other indole and oxindole alkaloids in *Mitragyna speciosa* (kratom) plants. Journal of the Separation Science 37: 1411-1418.

Warner M.L., Kaufman N.C. and Grundmann, O. 2016. The pharmacology and toxicology of kratom: from traditional herb to drug of abuse. International Journal of Legal Medicine 130: 127–138.

Watada, A.E., Ko, N.P. and Minott, D.A. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. Postharvest Biology and Technology 9: 115-125.

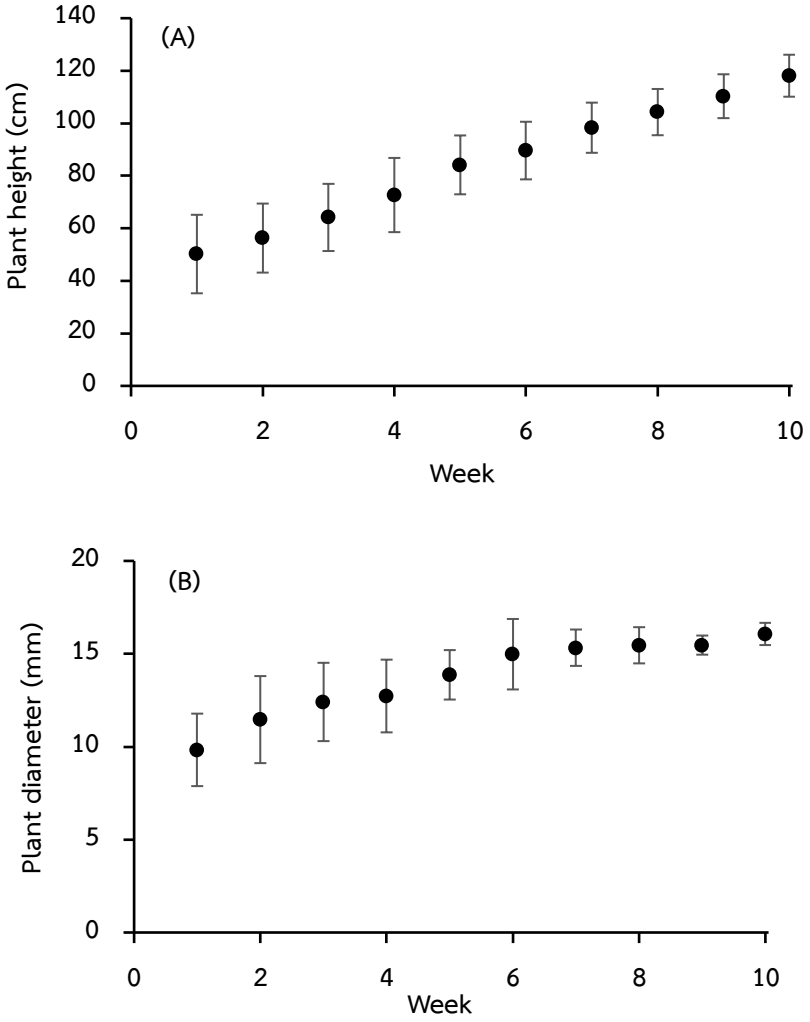
Zekri, M. and Obreza, T.A. 2006. Plant nutrients for citrus tree. Available from: http://edisifas. ufl.edu/ss419. [accessed on 9 January 2023].

Zhang, D. and Quantick, P.C. 2015. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. Journal of Horticultural Sciences 73: 763-767.

Zhang, M., Sharma, A., León, F., Avery, B., Kjelgren, P., Mccurdy, C.R. and Pearson, B.J. 2020. Effects of nutrient fertility on growth and alkaloidal content in *Mitragyna speciosa* (Kratom). Frontiers in Plant Science 11: 1-12.

ภาคผนวก

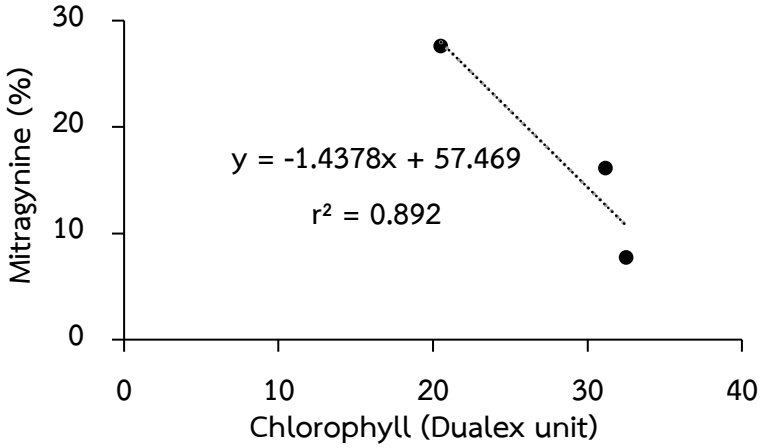
การเจริญเติบโตของต้นพืชกระท่อม



ภาพภาคผนวกที่ 1 พัฒนาการด้านความสูงของลำต้น (A) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าพืชกระท่อม (B) ช่วงระยะเวลา 4 – 6 เดือน (สัปดาห์ที่ 10) แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (standard deviation)

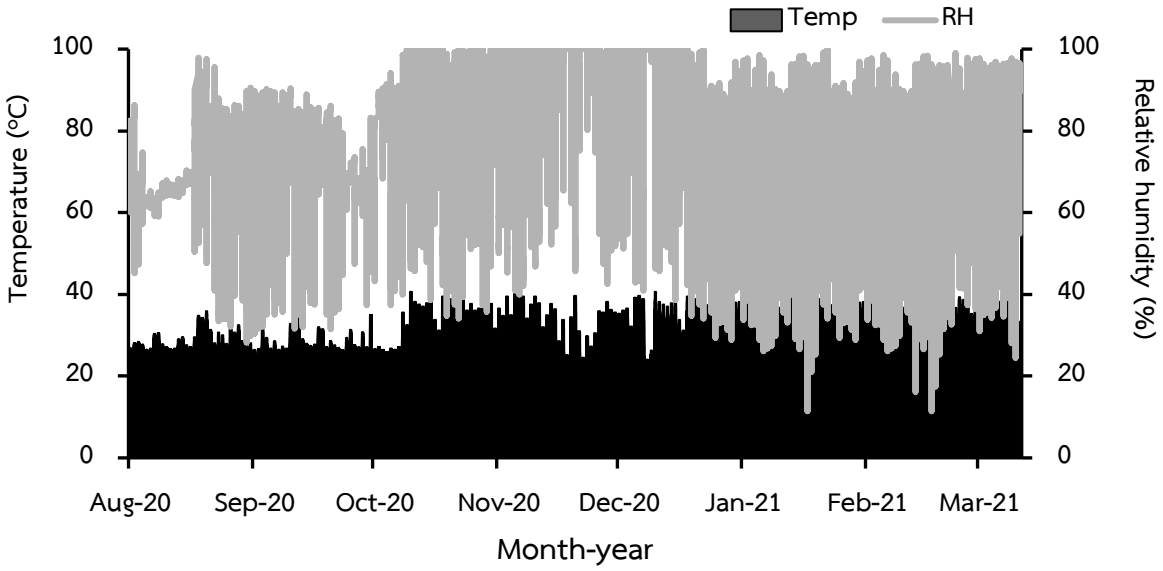
ภาพภาคผนวกที่ 2 ลักษณะต้นกล้าของพืชกระท่อมอายุ 6 เดือน ใช้สำหรับการทดลองอิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อมโดยการให้ปุ๋ยสูตร Control (A) 21-0-0 (B) 15-15-15 (C) และ 15-15-15 ร่วมกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนทางใบ (D)

ปริมาณสารไมทราไจนีนในคู่ใบระยะที่ 1 3 และ 5 สามารถประเมินโดยใช้เครื่อง Dualex ซึ่งนำค่าปริมาณสารที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับปริมาณสารไมทราไจนีน โดยสามารถประเมินปริมาณสารไมทราไจนีนได้จากสมการความสัมพันธ์ ดังนี้ y = -1.4378x + 57.469 (r^2 = 0.892)

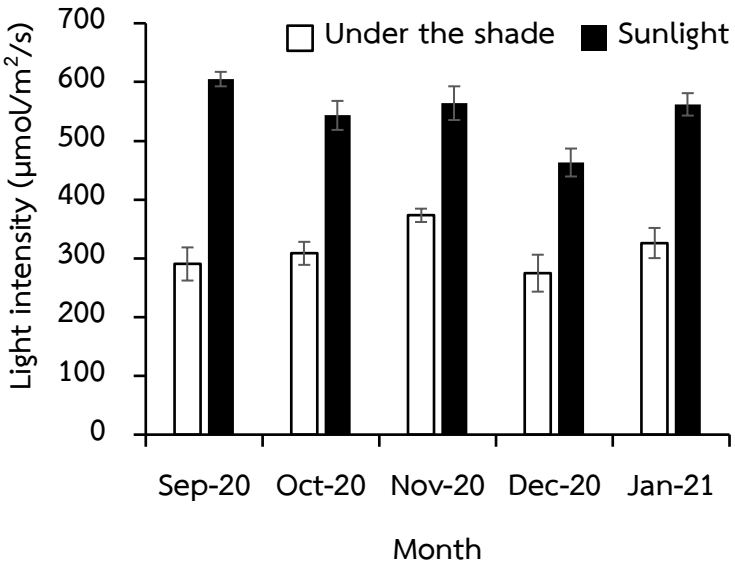


ภาพภาคผนวกที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์ใบต่อปริมาณสารไมทราไจนีน (%)

สภาพอากาศในโรงเรือนเพาะชำ



ภาพภาคผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รายวันในอากาศ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2563-มีนาคม 2564 บริเวณโรงเรือนเพาะชำ แปลงทดลองพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ภาพภาคผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของแสงในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. ระหว่างเดือนกันยายน 2563 - มกราคม 2564 บริเวณโรงเรือนเพาะชำ สภาพพรางแสง และสภาพกลางแจ้ง แปลงทดลองพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แถบบาร์ที่แสดงในแนวตั้ง = ±SD (Standard deviation)

การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานสรีรวิทยาของใบต่อปริมาณสารพฤกษเคมี ในใบพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.)

การทดลองที่ 1

อิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม

วางแผนการทดลอง : CRD 4 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ

T1: ชุดควบคุม (N0)	T2: ปุ๋ยสูตร 15-15-15
T3: ปุ๋ยสูตร 21-0-0 (N21)	T4: ปุ๋ยสูตร 15-15-15 +15% (N15+15)

บันทึกผลที่ 30 45 และ 60 วัน

การทดลองที่ 2

ผลของอุณหภูมิร่วมกับสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการยืดอายุเก็บรักษาใบพืชกระท่อม

วางแผนการทดลอง : Factorial 2x5 in CRD

ปัจจัย A : อุณหภูมิ	15 และ 25 °ซ
ปัจจัย B : ความเข้มข้นของไคโตซาน	0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0%

บันทึกผลวันที่ 0 1 3 6 9 12 และ 15 วัน

- **การเจริญเติบโต**
  - พื้นที่ใบ
  - ความสูงต้น
  - ความกว้างทรงพุ่ม
  - เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น
- **การตอบสนองทางสรีวิทยาของใบ**
  - อัตราการสังเคราะห์แสง
  - อัตราการคายน้ำ
  - ค่าชักนำการเปิดของปากใบ
- **ปริมาณสารพฤกษเคมีสำคัญในใบ**
  - คลอโรฟิลล์
  - ไมทราไจนีน
- **มวลชีวภาพในส่วนต่างๆ**
  - มวลชีวภาพส่วนใบ
  - มวลชีวภาพส่วนกิ่ง
  - มวลชีวภาพส่วนลำต้น
  - มวลชีวภาพส่วนราก
- **ธาตุอาหารในใบพืชกระท่อม**
  - ไนโตรเจน
  - ฟอสฟอรัส
  - โพแทสเซียม
  - แคลเซียม
  - แมกนีเซียม
- **เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก**

$$\%\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อน} - \text{น้ำหนักหลัง}}{\text{น้ำหนักก่อน}} \times 100$$

- **ค่าความเขียวใบและปริมาณคลอโรฟิลล์**

ก่อนการเก็บรักษา และระหว่างการเก็บรักษา จำนวน 60 ใบ ใบละ 2 ตำแหน่ง

- **ค่าสีใบ**
  - a* = -a (สีเขียว) และ +a (สีแดง)
  - b* = -b (สีน้ำเงิน) และ +b (สีเหลือง)
  - L* = เข้าใกล้ 0 (สีขาวหรือสว่างมาก) และเข้าใกล้ 100 (สีคล้ำหรือสว่างน้อย
  - Hue ถ้า h° = 0 ° (สีแดง)

การเจริญเติบโตและผลผลิต

N15+15 ให้ค่า ปริมาณน้ำหนักใบ พื้นที่ใบ ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุด

การใช้อุณหภูมิต่ำร่วมกับการใช้สารเคลือบผิวไคโตซาน

- อุณหภูมิ 15°ซ ร่วมกับไคโตซานความเข้มข้น 0.5% ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาใบได้นาน 15 วัน
- อุณหภูมิ 25°ซ ร่วมกับไคโตซานทุกความเข้มข้นเก็บรักษาใบพืชกระท่อมได้ 9 วัน

การสะสมมวลชีวภาพ

ใบและลำต้น แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนของกิ่งและราก ไม่แตกต่างกัน และทุกส่วนมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

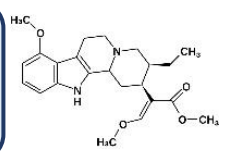
การสะสมธาตุอาหาร

N15+15 มีการสะสม N P และ K สูงที่สุด

N21 มีการสะสม Ca และ Mg สะสมในใบสูง เมื่อเทียบกับ N0

ปริมาณสารไมทราไจนีน

N15+15 มีปริมาณไมทราไจนีนสูงที่สุด 4.54% น้ำหนักต่อน้ำหนักในระยะพัฒนาการคู่ใบที่ 3



ภาพภาคผนวกที่ 6 แผนผังสรุปการวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานสรีรวิทยาของใบต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในใบพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวเวธนี พรหมจันทร์
รหัสประจำตัวนักศึกษา 6310620019
วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา	2562

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2565

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ตำแหน่งนักวิชาการเกษตร ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

เวธนี พรหมจันทร์, อดิเรก รักคง และระวี เจียรวิภา. 2565. ผลของไคโตซานและอุณหภูมิต่อการยืดอายุการเก็บรักษาใบพืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 30: 80-91.