ผลของธาตุอาหาร อายุเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาต่อปริมาณอัลลิซิน ในกระเทียม (*Allium sativum* L.)

นายพิษณุ สุขแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2555

EFFECTS OF PLANT NUTRIENTS, HARVESTING STAGES AND STORAGE CONDITIONS ON ALLICIN CONTENT IN GARLIC (*Allium sativum* L.)

Pitsanu Sukkaew

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

Suranaree University of Technology

Academic Year 2012

ผลของธาตุอาหาร อายุเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม (*Allium sativum* L.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อ. ดร.รุจ มรกต)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.อารักษ์ ธีรอำพน)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(ผศ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
กรรมการ

_____

(ผศ. ดร.เรณู ขำเลิศ)
กรรมการ

_____

(อ. ดร.พนิดา ขันแก้วหล้า)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พิษณุ สุขแก้ว : ผลของธาตุอาหาร อายุเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม (EFFECTS OF PLANT NUTRIENTS, HARVESTING STAGES AND STORAGE CONDITIONS ON ALLICIN CONTENT IN GARLIC (*Allium sativum* L.)) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารักษ์ ธีรอำพน, 57 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มปริมาณอัลลิซินในกระเทียมทั้งในระยะก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาผลของธาตุอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียม ทำการทดลองโดยการปลูกกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษในถุงดำโดยใช้วัสุผสมเป็นวัสดุปลูก ทำการให้สารละลายธาตุอาหารที่มี N และ S ในระดับที่แตกต่างกัน และมีธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ ในระดับที่เท่ากัน โดยให้สารละลายธาตุอาหารทุก ๆ 7 วัน วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 เป็นระดับของ N ในสารละลายธาตุอาหารมี 3 ระดับ ได้แก่ 180 360 และ 540 mg/l และปัจจัยที่ 2 เป็นระดับของ S ในสารละลายธาตุอาหารมี 5 ระดับ ได้แก่ 25 100 175 250 และ 325 mg/l แต่ละทรีตเมนต์ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัวอย่าง เก็บผลการทดลองโดยการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ N และ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมทั้งต้นเมื่อกระเทียมมีอายุ 75 วัน เก็บเกี่ยวเมื่อกระเทียมมีอายุ 90 วัน ทำการชั่งน้ำหนักสดและวิเคราะห์ความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยวที่ 0 30 และ 90 วัน พบว่าการให้ N เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่จะให้กระเทียมที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น การให้ N ที่ระดับ 360 และ 540 mg/l มีผลทำให้ความเข้มข้นของ N ในเนื้อเยื่อกระเทียมสูงกว่าการให้ N ที่ระดับ 180 mg/l อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการให้ N ที่ระดับ 360 mg/l มีผลทำให้ความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมสูงกว่าการให้ N ที่ระดับ 180 mg/l อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลของการให้ S ในระดับที่ต่างกันพบว่าการให้ S ที่ระดับ 100 175 และ 250 mg/l มีแนวโน้มจะให้กระเทียมที่มีขนาดหัว น้ำหนักสดและความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมสูงกว่าการให้ S ที่ระดับ 25 และ 325 mg/l สำหรับผลของ N และ S ต่อความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียม พบว่าการให้ N ที่ระดับ 360 mg/l มีแนวโน้มที่จะให้ความเข้มข้นของอัลลิซินสูงกว่าการให้ N ที่ระดับ 180 และ 540 mg/l ส่วนผลของระดับของ S พบว่าการให้ S ที่ระดับ 100 175 และ 250 mg/l ให้กระเทียมที่มีปริมาณอัลลิซินสูงกว่าการให้ S ที่ระดับ 25 และ 325 mg/l อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ปฏิกริยาระหว่างระดับของ N และ S ที่ให้ส่งผลต่อความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลของระยะการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยว ทำการทดลองโดยการเก็บเกี่ยวกระเทียมจากแปลงปลูกเดียวกันเมื่อกระเทียมมีอายุ 70 80 และ 90 วัน นำกระเทียมที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัลลิซินหลังการเก็บเกี่ยวที่เวลาต่าง ๆ พบว่าการเก็บเกี่ยวกระเทียมเมื่อมีอายุ 90 วันมี

แนวโน้มที่จะให้กระเทียมที่มีปริมาณอัลลิซินสูงกว่ากระเทียมที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 70 และ 80 วัน และการทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาผลของสภาพการเก็บรักษาต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม ทำการทดลองโดยนำกระเทียมที่เก็บเกี่ยวแล้ว 20 วันไปเก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ ได้แก่ 1) อุณหภูมิห้อง (Control) 2) อุณหภูมิ 4-6°C ความชื้นต่ำ (60-70%) 3) อุณหภูมิ 4-6°C ความชื้นสูง (80-90%) 4) อุณหภูมิ 8-10°C ความชื้นต่ำ (60-70%) 5) อุณหภูมิ 8-10°C ความชื้นสูง (80-90%) 6) เก็บที่อุณหภูมิห้อง 90 วัน แล้วย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-6°C ความชื้นต่ำ (60-70%) อีก 30 วัน และ 7) เก็บที่อุณหภูมิห้อง 90 วัน แล้วย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-6°C ความชื้นสูง (80-90%) อีก 30 วัน เก็บผลการทดลองโดยทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัลลิซินและหาอัตราการสูญเสียน้ำหนักของกระเทียมทุก 20 วัน เป็นเวลา 120 วัน ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษากระเทียมในสภาพอุณหภูมิ 4-6 °C ความชื้นสูงให้ปริมาณอัลลิซินสูงสุดในช่วง 60 วันหลังการเก็บรักษา (36.5 $mM/g_{(DW)}$) ภายหลังการเก็บรักษาที่ 120 วันพบว่ากระเทียมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-6 °C และ 8-10 °C ทั้งในสภาพที่มีความชื้นสูงและความชื้นต่ำมีปริมาณอัลลิซินสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

PITSANU SUKKAEW : EFFECTS OF PLANT NUTRIENTS, HARVESTING STAGES AND STORAGE CONDITIONS ON ALLICIN CONTENT IN GARLIC (*Allium sativum* L.). THESIS ADVISOR : ASST. PROF. ARAK TIRA-UMPHON, Ph.D., 57 PP.

NITROGEN/SULFUR/ALLIIN/TEMPERATURE/HUMIDITY

This research aimed to investigate how to increase allicin content in garlic both in preharvest and postharvest periods. In this study, three experiments were conducted. In the first experiment, garlics were grown in growing bag containing substrate mixtures. They were fertilized with nutrient solutions every 7 days. The Factorial Combination in CRD was applied in the experiments. Two factors were investigated. The first one was three levels of nitrogen in the nutrient solution (180, 360 and 540 mg/l). The second one was five levels of sulfer (25, 100, 175, 250 and 325 mg/l). Each treatment was replicated 4 times with 2 samples per replication. Nitrogen and sulfer contents were analyzed in the whole garlic tissues of 75 days after planted. The garlic was harvasted at 90 days after planted. Then the garlic was weighed and the allicin content was measured after harvested for 0, 30 and 90 days. The result showed that increased nitrogen concentration tended to increase the yield of garlic. Applying nitrogen fertilizer at levels of 360 mg/l and 540 mg/l resulted in higher nitrogen content in garlic tissues than applying nitrogen fertilizer at a level of 180 mg/l significantly. When applying nitrogent fertilizer at a level of 360 mg/l, the sulfur in galic tissues was higher than applying nitrogen at a level of 180 mg/l significally. Sulfur fertilizing at levels of 100, 175 and 250 mg/l was likely to increase

a garlic bulb's size and weight and the sulfur content in whole garlic tissues greater than that at levels of 25 and 325 mg/l. Nitrogen fertilizer applied at 360 mg/l was likely to produce higher allicin content than that at 180 and 540 mg/l. At 100, 175 and 250 mg/l sulfur fertilizer application generated higher allicin content than at 25 and 325 mg/l. The interaction between nitrogen and sulfur affected allicin content in garlic. In the second experiment, the garlic was harvested at 70, 80 and 90 days after planting. Garlic bulbs were determined for allicin content after harvest. The result showed the garlic harvested at 90 days after planting was likely to have higher allicin content than those harvested at 70 and 80 days. In the third experiment, The harvested garlic was stored in various conditions, including at room temperature (control); at 4-6°C, 60-70%RH (Tr2); at 4-6°C, 80-90%RH (Tr3); at 8-10°C, 60-70%RH (Tr4); at 8-10°C, 80-90%RH (Tr5); at room temperature for 90 days following with storage at 4-6°C, 60-70%RH for 30 days (Tr6) and at room temperature for 90 days following with storage at 4-6°C, 80-90%RH for 30 days (Tr7). Allicin content and weight loss were measured every 20 days for 120 days. The results showed that allicin content in the bulbs stored at all conditions increased during storage. Allicin content in garlic reached maximum level when stored at 8-10°C, 60-70%RH for 60 days (36.5 $mM/g_{(DW)}$). After storage for 120 days, the garlic stored at temperatures 4-6^{o}C and 8-10°C with low and high humidity had significantly higher allicin content than the control.

School of Crop Production Technology
Academic Year 2012

Student's Signature _____
Advisor's Signature _____
Co-advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารักษ์ ธีรอำพนที่คอยให้คำแนะนำในการทำการทดลองและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับเนื้อหาทางวิชาการในการเขียนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ พี่วันดี ธีรอำพนสำหรับคำแนะนำในการจัดการทางด้านการเงิน พี่ขนิษฐา กู่โบราณและเจ้าหน้าที่งานพืชศาสตร์ ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุกท่านที่ช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกสำหรับการทดลองในส่วนของการปลูกกระเทียมในแปลงปลูก พี่นวลปรางค์ อุทัยดาและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืชทุกท่านที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษาและค้นหาอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการวิจัยชิ้นนี้ ขอบคุณครอบครัวสุขแก้วและเพื่อน ๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกคนที่เป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา และที่ขาดไม่ได้ต้องขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ช่วยสนับสนุนเงินทุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

พิษณุ สุขแก้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 3
1.3 ขอบเขตการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 กระเทียม 4
2.1.1 การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์และการกระจายพันธุ์ 4
2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 5
2.1.3 การปลูกและการดูแลรักษา 7
2.2 อัลลิซิน 9
2.2.1 ลักษณะทั่วไปและการใช้ประโยชน์จากอัลลิซิน 9
2.2.2 กระบวนการสังเคราะห์อัลลิซิน 10
2.3 ธาตุอาหารพืช 11
2.3.1 ธาตุอาหารพืช 11
2.3.2 ปฏิกิริยาแอสซิมิเลชันของไนโตรเจน (Nitrogen assimilation) 14
2.3.3 ปฏิกิริยาแอสซิมิเลชันของซัลเฟอร์ (Sulfur assimilation) 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย 17
3.1 การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม ... 17
3.1.1 แผนการทดลอง 17
3.1.2 วิธีการทดลอง 17
3.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 18
3.2 การทดลองที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมระหว่างการเจริญเติบโตและปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างกัน 18
3.2.1 แผนการทดลอง 19
3.2.2 วิธีการทดลอง 19
3.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 19
3.3 การทดลองที่ 3 ผลของสภาพการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียม 19
3.3.1 แผนการทดลอง 19
3.3.2 วิธีการทดลอง 20
3.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 20
4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล 21
4.1 การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม ... 21
4.1.1 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ 21
4.1.2 ปริมาณธาตุอาหารในกระเทียมที่ได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกัน 27
4.1.3 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ 31
4.2 การทดลองที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมระหว่างการเจริญเติบโตและปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างกัน 36
4.3 การทดลองที่ 3 ผลของสภาพการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียม 39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 44
การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม ... 44
การทดลองที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมระหว่าง
การเจริญเติบโตและปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุต่างกัน 44
การทดลองที่ 3 ผลของสภาพการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงอัลลิซิน
ในกระเทียม 44
ข้อเสนอแนะ 45
รายการอ้างอิง 47
ประวัติผู้เขียน 57

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อหัวของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกัน 22

4.2 การเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่ได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกันที่ 70 วันหลังการปลูก 26

4.3 การเจริญเติบโตด้านขนาดหัวของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่ได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกันที่ 70 วันหลังการปลูก 27

4.4 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอัลลิซินในกลีบกระเทียมและความเข้มข้นของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในเนื้อเยื่อกระเทียมทั้งต้น 34

4.5 ความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่ได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกันที่ 30 วันหลังเก็บเกี่ยว 35

4.6 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ 41

ตารางภาคผนวกที่

1 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองเรื่องผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมที่ 70 วันหลังปลูก 52

2 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองเรื่องผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดของหัวกระเทียมที่ 70 วันหลังปลูก 52

3 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อกระเทียมทั้งต้นที่ 75 วันหลังปลูก 53

4 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อเยื่อกระเทียมทั้งต้นที่ 75 วันหลังปลูก 53

5 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองเรื่องผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่ 30 วันหลังการเก็บเกี่ยว 54

6 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองเรื่องผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่ 90 วันหลังการเก็บเกี่ยว 54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณอัลลิซินต่อน้ำหนักแห้งในกระเทียมที่เก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละระยะการเก็บรักษา 55
8 อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยระหว่างการเก็บรักษากระเทียมในสภาพอุณหภูมิและความชื้นห้อง 56

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะของ Soft neck garlic และ Hard neck garlic 5
2.2 ลักษณะของกระเทียม 6
2.3 การสังเคราะห์อัลลิอินโดยผ่านวิถี serine และ glutathione 10
2.4 ปฏิกิริยาแอสซิมิเลชันของไนโตรเจน 15
2.5 ปฏิกิริยาแอสซิมิเลชันของซัลเฟอร์ 16
4.1 ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดหัวของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ..... 23
4.2 ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ 24
4.3 ผลของซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดหัวของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ..... 25
4.4 ผลของซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ 26
4.5 ปริมาณไนโตรเจนในกระเทียมที่ได้รับไนโตรเจนในระดับที่ต่างกัน 28
4.6 ปริมาณซัลเฟอร์ในกระเทียมที่ได้รับไนโตรเจนในระดับที่ต่างกัน 29
4.7 ปริมาณไนโตรเจนในกระเทียมที่ได้รับซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกัน 30
4.8 ปริมาณซัลเฟอร์ในกระเทียมที่ได้รับซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกัน 31
4.9 ปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่ได้รับซัลเฟอร์ในระดับที่แตกต่างกันหลังการเก็บเกี่ยวที่ 0 30 และ 90 วัน 33
4.10 ปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่ได้รับไนโตรเจนในระดับที่แตกต่างกันหลังการเก็บเกี่ยวที่ 0 30 และ 90 วัน 35
4.11 การเจริญเติบโตด้านความสูงและขนาดหัวของกระเทียมในแปลงปลูก..... 37
4.12 ความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษระหว่างการเจริญเติบโต 38
4.13 ความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุแตกต่างกัน..... 40
4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ เป็นเวลา 120 วัน .. 41
4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน..... 43

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

APS	=	Adenosine 5'-phosphosulfate
ATP	=	Adenosine triphosphate
^{o}C	=	องศาเซลเซียส
Dw	=	น้ำหนักแห้ง
df	=	สัมประสิทธิความเป็นอิสระ (degree of freedom)
Fw	=	น้ำหนักสด
GTP	=	γ-Glutamyl transpeptidase
Mg/l	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
mM	=	มิลลิโมลาร์
MS	=	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย (mean square)
N	=	ไนโตรเจน
R	=	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
S	=	ซัลเฟอร์
SE	=	Standard error
SS	=	ผลรวมกำลังสอง (sum of square)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระเทียมเป็นพืชในตระกูลเดียวกับหอมแดงหอมหัวใหญ่ กุยช่ายและกระเทียมต้นลักษณะเป็นไม้ล้มลุกสูงประมาณ 25-60 เซนติเมตร ใบแบนกว้าง 1-3 เซนติเมตร ยาว 40-50 เซนติเมตร สีเขียวเข้ม หัวมีขนาด 4-8 เซนติเมตร หัวแยกเป็นกลีบ ๆ หัวละ 8-25 กลีบ เนื้อของกระเทียมมีสีขาวกลิ่นฉุนและมีรสเผ็ดร้อน นิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหารทั้งอาหารไทยและอาหารต่างประเทศ อีกทั้งกระเทียมยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่หลากหลายจึงสามารถนำมาใช้เป็นสมุนไพรในการรักษาโรคได้หลายชนิด (ประเสริฐ, 2550; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553) กระเทียมถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก แม้จะไม่ใช่พืชอาหารหลักแต่กระเทียมก็เป็นพืชที่มีการปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยในปี 2551 พบว่าปริมาณการผลิตกระเทียมจากทั้งโลกมีกว่า 15.69 ล้านตัน ประเทศที่มีปริมาณการผลิตกระเทียมสูงสุดได้แก่ จีน (12.09 ล้านตัน) อินเดีย (0.65 ล้านตัน) และเกาหลีใต้ (0.33 ล้านตัน) (Wikipedia (1), 2010) สำหรับในประเทศไทยในปีเดียวกันพบว่ามีเนื้อที่เพาะปลูกกระเทียมประมาณ 87,400 ไร่ โดยพื้นที่ปลูกกระเทียมส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดทางภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน แม่ฮ่องสอนและพะเยา และบางส่วนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณจังหวัดศรีสะเกษ ชัยภูมิและนครราชสีมา ให้ผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 85,600 ตันหรือคิดเป็นมูลค่ากว่า 1,500 ล้านบาท แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีการนำเข้ากระเทียมจากประเทศจีนกว่า 30,600 ตัน (36% ของปริมาณการผลิตในประเทศ) หรือคิดเป็นมูลค่ากว่า 283 ล้านบาท โดยการนำเข้ากระเทียมมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ทั้งนี้หลังจากการที่รัฐบาลไทยมีมติยอมรับข้อตกลงการค้าไทย-จีนในเดือนตุลาคมปี 2546 ผลิตผลทางการเกษตรหลายชนิดจากประเทศจีนซึ่งมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าถูกนำเข้ามาในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก กระเทียมก็เป็นผลิตผลอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำเข้ามาเป็นจำนวนมาก แม้รัฐบาลพยายามที่จะป้องกันปัญหาการนำเข้ากระเทียมมากเกินไปด้วยการจำกัดการนำเข้า แต่ก็ยังมีการลักลอบนำเข้ากระเทียมจากประเทศจีนเข้ามายังประเทศไทยเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ราคากระเทียมภายในประเทศไทยตกต่ำลงอย่างมาก เกษตรกรผู้ปลูกกระเทียมกว่า 50,000 ครัวเรือนจึงได้รับความเดือดร้อน จนเกษตรกรบางรายต้องหันไปปลูกพืชชนิดอื่นทดแทน (ประชาไท, 2551) ในปลายปี 2552 ปริมาณความต้องการกระเทียมภายในประเทศจีนสูงขึ้น อีกทั้งแหล่งผลิตกระเทียมที่สำคัญหลายแห่งในประเทศจีนก็ประสบกับภัยธรรมชาติ ทำให้ปริมาณผลผลิต

กระเทียมในประเทศจีนลดลง จึงมีการปรับลดปริมาณการส่งออกกระเทียมลง ส่งผลให้ราคากระเทียมในประเทศไทยปรับตัวสูงขึ้นเป็นอย่างมาก ผู้บริโภคกระเทียมจึงเป็นฝ่ายได้รับความเดือดร้อน (สำนักข่าวแห่งชาติ, 2553) ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นจะเป็นสาเหตุให้เกษตรกรหันมาปลูกกระเทียมกันเพิ่มขึ้น ปริมาณกระเทียมภายในประเทศก็จะเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อประเทศจีนสามารถที่จะส่งออกกระเทียมเพิ่มขึ้นมาได้อีกครั้งก็จะทำให้มีปริมาณกระเทียมเกินความต้องการของตลาด เกษตรกรจึงต้องยอมขายกระเทียมไปในราคาที่ต่ำเพื่อไม่ให้ผลผลิตต้องเน่าเสียทิ้งไป ซึ่งการกระทำดังกล่าวก็จะส่งผลให้ราคากระเทียมภายในประเทศไทยตกต่ำลงอย่างมากและเกษตรกรผู้ปลูกกระเทียมก็จะได้รับความเดือดร้อนกันอีกครั้ง จนบางครั้งรัฐบาลต้องรับซื้อกระเทียมจำนวนมากไปกำจัดทิ้งเพื่อพยุงราคากระเทียมให้สูงขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาความผันผวนของราคากระเทียม เพื่อลดความเดือดร้อนของทั้งเกษตรกรผู้ปลูกและผู้บริโภคกระเทียม การเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากกระเทียมหรือการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกระเทียมไทยจึงน่าจะเป็นทางออกหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาราคากระเทียมตกต่ำและช่วยลดความแปรปรวนของราคากระเทียมลงได้ โดยแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มช่องทางการใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกระเทียมของไทยคือการเพิ่มการสะสมสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาภายในกระเทียม เพื่อที่จะสามารถนำกระเทียมที่ได้ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทางเภสัชซึ่งมีมูลค่าสูงขึ้นและสามารถเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้นได้ จึงสามารถที่จะเพิ่มปริมาณความต้องการของกระเทียมไทยและช่วยลดปัญหาราคากระเทียมตกต่ำได้

กระเทียมเป็นพืชที่พบว่ามีสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอยู่หลายชนิดได้แก่ alliin allicin ajoene rutin saponin และ quercetin แต่ที่พบว่ามีปริมาณมากและมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์มากที่สุด คือ อัลลิซิน (allicin) โดยพบว่าอัลลิซินมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา แบคทีเรียและโปรโตซัวหลายชนิด และพบว่าอัลลิซินสามารถช่วยลดคลอเรสเตอรอลในเลือด ลดความดัน ลดการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ช่วยต้านทานการอักเสบและยับยั้งการเกิดมะเร็งได้ (ประเสริฐ, 2550; Ankri and Mirelman, 1999) จึงได้มีการนำกระเทียมไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทางเภสัชอย่างหลากหลาย แต่โดยทั่วไปอัลลิซินจะไม่สะสมอยู่ในกระเทียมโดยตรงแต่จะสะสมอยู่ในรูปของสารตั้งต้นของมันที่เรียกว่าอัลลิอิน (alliin) และเมื่อกระเทียมถูกบดหรือทำให้เกิดแผลจะมีเอนไซม์ alliin lyase ออกมาเปลี่ยนอัลลิอินให้กลายเป็นอัลลิซิน (Jones et al., 2007; Slusarenko et al., 2008) ดังนั้นเมื่อต้องการให้มีปริมาณอัลลิซินในกระเทียมเพิ่มขึ้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำให้เกิดการสะสมอัลลิอินในกระเทียมเพิ่มขึ้นด้วย

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณอัลลิซินในกระเทียม

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อการสะสมและเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินหลังการเก็บเกี่ยวกระเทียม

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษากระเทียมต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินระหว่างการเก็บรักษา

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้จะทำการทดลองในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงต้องใช้กระเทียมสายพันธุ์ท้องถิ่นที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงเลือกทำการทดลองกับกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดศรีสะเกษซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่านั้น สำหรับสารทุติยภูมิที่จะศึกษาในครั้งนี้มีเพียงอัลลิซิน โดยสารดังกล่าวจะสะสมในหัวกระเทียมในรูปอัลลิอิน แต่เมื่อจะทำการวิเคราะห์หาปริมาณอัลลิอินต้องมีการบดเพื่อสกัดสารออกมา เมื่อกระเทียมถูกทำให้เกิดแผลจะมีเอนไซม์ออกมาเปลี่ยนอัลลิอินให้กลายเป็นอัลลิซิน ดังนั้นสารที่จะนำไปใช้ในการหาปริมาณที่แท้จริงคืออัลลิซินเท่านั้น สำหรับธาตุอาหารที่ต้องการที่จะใช้ในการศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและปริมาณอัลลิซินในกระเทียมครั้งนี้มี 2 ชนิด คือ N และ S ส่วนสภาพแวดล้อมที่จะใช้สำหรับการศึกษาผลของสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินมีเพียงสภาพของอุณหภูมิและความชื้นในการเก็บรักษาเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบแนวทางการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมระหว่างการเจริญเติบโต

1.4.2 สามารถหาแนวทางในการเพิ่มปริมาณการสะสมสารทุติยภูมิที่สำคัญในกระเทียมได้

1.4.3 สามารถส่งเสริมการใช้แนวทางในการเพิ่มการสะสมสารทุติยภูมิให้แก่เกษตรกรเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกระเทียมไทยได้

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระเทียม

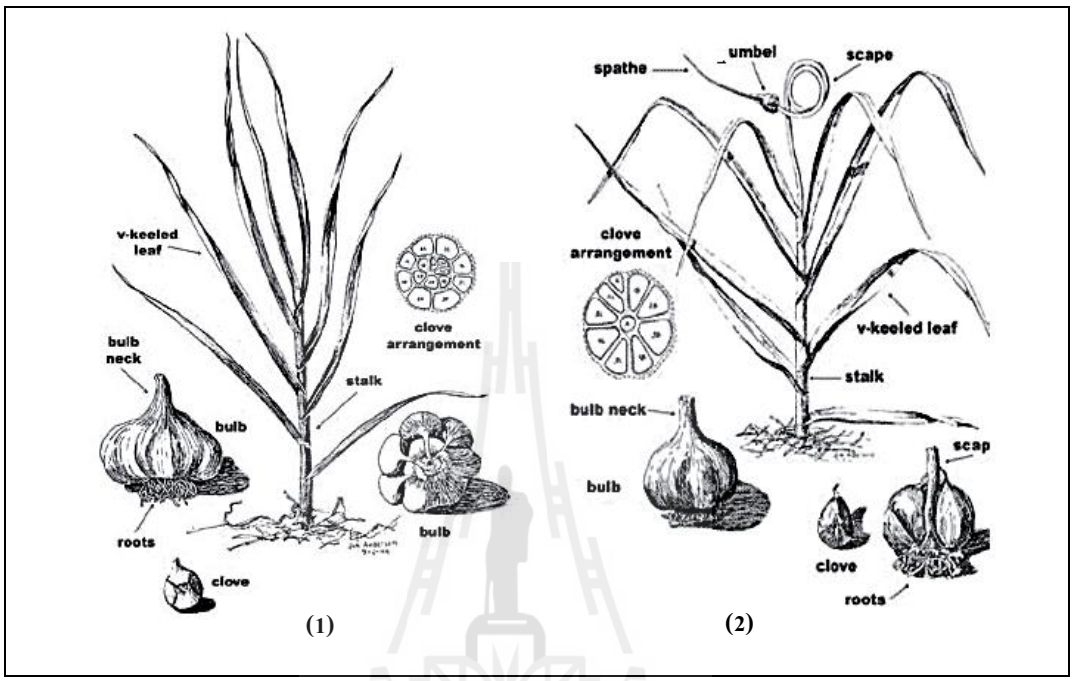
2.1.1 การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์และการกระจายพันธุ์

กระเทียม (Garlic) ในภาษาอังกฤษมาจากคำว่า garleac ซึ่งมาจากการผสมระหว่างคำสองคำด้วยกันคือ “gar” หมายถึงหอก (spear) ซึ่งได้มาจากลักษณะของหัวกระเทียมที่มีลักษณะคล้ายหอก และ “leac” ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษาแองโกล-แซ็กซอน (Anglo-Saxon) แปลว่าพืช (plant or herb) กระเทียมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium sativum* L.จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในวงศ์ (Family) Amaryllidaceae วงศ์ย่อย (Subfamily) Allioideae สกุล (Genus) Allium จำแนกได้เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ Sativum Ophioscorodon Longicuspis Subtropical และ Pekinense พืชในสกุลนี้ประกอบด้วยพืชกว่า 750 species ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มพืชที่เป็นไม้ดอกและไม้ป่า โดยพืชอาหารที่จัดอยู่ในสกุลเดียวกับกระเทียมได้แก่ หอมหัวใหญ่ หอมแดง กุยช่ายและกระเทียมต้นเป็นต้น (Block, 2010)

กระเทียมมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตเอเชียกลางบริเวณประเทศทาจิกิสถาน (Tajikstan) เติร์กเมนิสถาน (Turkmenistan) อุซเบกิสถาน (Uzbekistan) อัฟกานิสถาน (Afghanistan) ปากีสถาน (Pakistan) และทางตอนเหนือของประเทศอิหร่าน (Iran) โดยมีศูนย์กลางของการกำเนิด (Center of Origin) อยู่บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือเทือกเขาเทียนฉาน (Tien Shan) ในบริเวณประเทศคีร์กีซสถาน (Kyrgyzstan) และคาซัคสถาน (Kazakhstan) ถูกนำเข้าสู่ตะวันออกกลางโดยพ่อค้าและนักเดินทางผ่านเส้นทางสายไหม จากนั้นจึงถูกส่งต่อไปยังแหล่งชุมชนต่าง ๆ และแพร่กระจายไปทั่วโลก (Block, 2010)

กระเทียมที่ปลูกเพื่อนำส่วนหัวมาใช้ในการบริโภคในปัจจุบันพบว่ามีอยู่ 2 กลุ่มด้วยกัน คือ *Allium sativum* subsp. Sativum หรือที่เรียกว่า Soft neck garlic โดยกระเทียมในกลุ่มนี้เมื่อหั่นส่วนหัวออกตามขวางจะพบว่ามีกลีบจำนวน 10-40 กลีบเรียงตัวกันเป็นชั้น ๆ หลายชั้น โดยมีลำต้นขนาดเล็กเป็นแกนกลาง มีกลีบขนาดใหญ่เรียงตัวอยู่ด้านนอกและกลีบขนาดเล็กเรียงตัวอยู่ด้านในของหัวกระเทียม กระเทียมพวก Soft neck จะสร้าง scape สั้น ๆ โดยทั่วไปไม่มีช่อดอก บางครั้งจึงเรียกว่า short-neck garlic ส่วนอีกกลุ่มคือ *Allium sativum* subsp. ophioscorodon หรือเรียกว่า Hard neck garlic เป็นกระเทียมที่มีกลีบจำนวน 6-11 กลีบเรียงเป็นวงเดียวรอบลำต้น เมื่อออกดอกจะมี scape ที่ยาวมาก โดยส่วนของ scape จะม้วนเป็นวง ๆ จำนวน 1-3 วงลักษณะคล้ายกับหางหมู มี bulbils ขนาดเล็กอยู่ที่ส่วนปลายยอดโดยกระเทียมพวก Soft neck จะสามารถเก็บรักษาได้ยาวนาน

กว่าพวก Hard neck ในขณะที่กระเทียมพวก Hard neck จะสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศหนาวเย็นได้ดีกว่าพวก Soft neck (Block, 2010; Rosen et al., 2008; Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012)



รูปที่ 2.1 ลักษณะของ Soft neck garlic (1) และ Hard neck garlic (2) (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก กระเทียมเป็นพืชที่มีระบบรากแบบ adventitious root ตื้น ๆ แผ่ขยายออกจากส่วนฐานที่อยู่ด้านล่างของหัวกระเทียม โดยระบบรากจะแผ่กว้างประมาณ 25 เซนติเมตรและลึกประมาณ 40 เซนติเมตรรอบ ๆ หัวกระเทียม (Block, 2010)

ลำต้น กระเทียมมีลำต้นเล็ก ๆ สูงประมาณ 5-6 เซนติเมตรอยู่ตรงส่วนกลางของต้น โดยลำต้นของกระเทียมจะมีกาบใบหุ้มอยู่จนมิด ทำให้โดยปกติไม่สามารถมองเห็นลำต้นของกระเทียมได้ (Block, 2010)

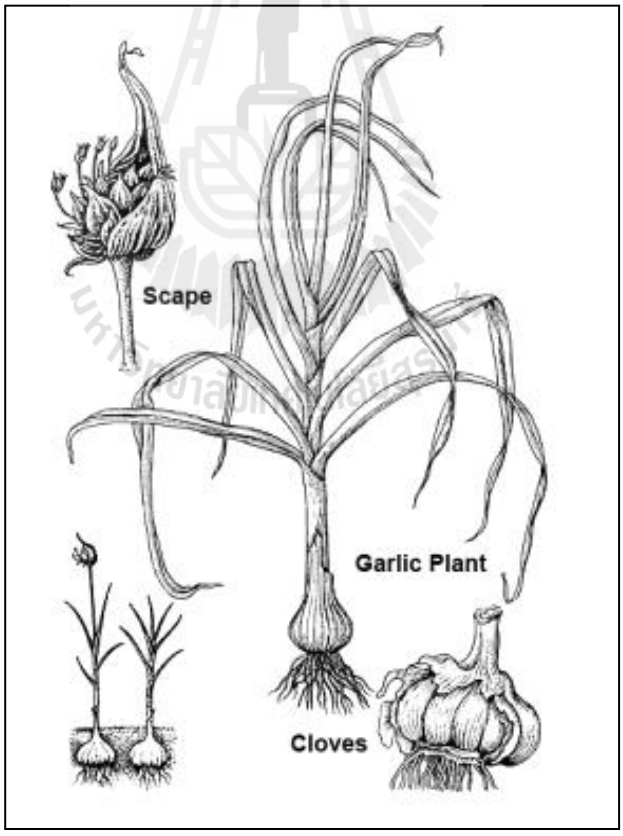
ใบ ใบของกระเทียมมีสีเขียวเข้มออกสลับซ้ายขวา ลักษณะแบนยาวคล้ายใบหญ้าแต่มีความหนามากกว่าและมีกลิ่นเหมือนกระเทียม เจริญออกมาจากส่วนโคนของลำต้น ส่วนล่างของใบที่อยู่ติดกับลำต้นจะเป็นกาบใบห่อหุ้มลำต้นจนมิด ในต้นที่เจริญเติบโตเต็มที่ใบที่มีขนาดใหญ่และ

ยาวจะอยู่ที่ฐานของต้น และจะมีใบขนาดเล็กและสั้นลงในส่วนที่อยู่สูงขึ้นไป ทำให้รูปร่างของส่วนที่อยู่เหนือดินของกระเทียมมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม (Block, 2010)

ดอก ดอกของกระเทียมจะออกเป็นกลุ่มตรงส่วนปลายสุดของก้านดอก โดยก้านดอกจะแทงขึ้นมาจากส่วนกลางของลำต้น ช่อดอกจะมีลักษณะคล้ายหัวกระเทียมมีโครงสร้างลักษณะคล้ายใบสั้น ๆ ห่อหุ้มอยู่เมื่อยังเล็กและคลี่ออกเมื่อดอกโตขึ้น ดอกกระเทียมมีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร มีกลีบดอกสีขาว ชมพูหรือม่วงดอกละ 4-6 กลีบเรียงเป็นวงรอบเกสรตัวเมีย กลีบดอกมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมฐานกว้างปลายกลีบดอกโค้งมนเล็กน้อย (Block, 2010)

ผล ผลกระเทียมเป็นแคปซูลสีเขียวมีขนาดประมาณ 2.5-6.3 เซนติเมตร เรียกว่า “siliqua” ภายในประกอบด้วยเมล็ดเป็นจำนวนมากเรียงกันอยู่เป็นแถว เมื่อแก่แคปซูลจะแตกออกปลดปล่อยเมล็ดกระเทียมกระจายออกไปรอบ ๆ ต้นได้ไกลถึง 1 เมตร (Block, 2010)

เมล็ด เมล็ดกระเทียมมีขนาดเล็ก สีดำ เจริญอยู่ภายใน siliqua เมล็ดที่สมบูรณ์สามารถที่จะมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 5 ปี (Block, 2010)



รูปที่ 2.2 ลักษณะของกระเทียม (Prota4u, 2012)

2.1.3 การปลูกและการดูแลรักษา

กระเทียมเป็นพืชที่ชอบดินร่วนปนทราย การระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.0-7.5 ชอบอากาศเย็นและความชื้นปานกลาง ควรปลูกกระเทียมในฤดูหนาวในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม หากปลูกล่าช้ากว่านี้กระเทียมจะลงหัวเร็วเกินไปทำให้คุณภาพของหัวไม่ดี สำหรับพันธุ์กระเทียมที่ปลูกในประเทศไทยนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกัน คือ 1) พันธุ์เบา เป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 75-90 วัน มีใบเล็กแหลม ลำต้นแข็งเหนียว หัวขนาดเล็กประกอบด้วยกลีบ 11-13 กลีบ เนื้อข้างในกลีบสีขาว มีรสเผ็ดร้อนและมีกลิ่นฉุนมากสีของหัวจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมที่ปลูก เมื่อแก่จัดลำต้นจะเอนราบไปกับพื้น 2) พันธุ์กลาง เป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90-120 วัน มีใบเล็กยาว หัวขนาดกลางสีม่วงเนื้อข้างในกลีบสีขาวมีกลิ่นฉุนปานกลาง ลำต้นอวบใหญ่จึงไม่เอนล้มเมื่อแก่จัด 3) พันธุ์หนัก เป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวช้าตั้งแต่ 150 วันขึ้นไป มีลำต้นอวบใหญ่มีหัวขนาดใหญ่ กลีบขนาดใหญ่ 4-8 กลีบต่อหัว กลิ่นไม่ค่อยฉุน หัวฝ่อและเน่าเสียได้ง่าย (จิราภา และธงชัย, 2544)

การปลูกกระเทียมจะเริ่มตั้งแต่การเตรียมดิน โดยเตรียมแปลงกว้างประมาณ 1.20 เมตร ความยาวตามความเหมาะสมของพื้นที่ ยกแปลงสูงประมาณ 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกรองพื้นในอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกทำโดยการแกะกระเทียมแยกเป็นกลีบ ๆ นำมาดำลงไปในแปลงที่เตรียมไว้ลึกประมาณ 1 เซนติเมตร โดยใช้ระยะปลูก 10x10 เซนติเมตรสำหรับกระเทียมพันธุ์เบาและ 15x15 เซนติเมตรสำหรับกระเทียมพันธุ์หนัก ใช้ฟางข้าวหรือเศษหญ้าแห้งคลุมแปลงให้ทั่วหนา 2-3 นิ้วเพื่อควบคุมการงอกของวัชพืชและรักษาความชื้นในดินรดน้ำให้ชุ่มและดูแลให้น้ำอย่างอย่างสม่ำเสมอประมาณ 5-7 วัน/ครั้ง ทำการถอนกำจัดวัชพืชเป็นครั้งคราว ให้ปุ๋ยครั้งแรกหลังปลูก 2 สัปดาห์ โดยให้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 25-30 กิโลกรัมต่อไร่หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 25-30 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อกระเทียมอายุได้ 60 วันให้ใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตราประมาณ 30 กิโลกรัมต่อไร่ (จิราภา และธงชัย, 2544)

กระเทียมเป็นพืชที่มีโรคและแมลงสัตรูค่อนข้างน้อย แต่อย่างไรก็ตามก็ยังพบว่ามีโรคและแมลงบางชนิดที่สามารถสร้างความเสียหายให้กับกระเทียมได้ ทั้งระหว่างการเจริญเติบโตและในกระเทียมที่ได้เก็บเกี่ยวไปแล้ว โดยโรคและแมลงที่สำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายให้กับกระเทียมได้แก่

1) โรคใบจุดสีม่วง มีอาการเริ่มแรกเป็นจุดสีขาวที่ใบแล้วขยายใหญ่ขึ้นตามแนวยาวของใบ จากนั้นสีของใบบริเวณที่เกิดแผลจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง ส่วนปลายใบที่อยู่เหนือแผลจะแห้งเหี่ยว มักระบาดในช่วงที่มีความชื้นสูง สามารถป้องกันได้โดยการเก็บส่วนที่เกิดโรคไปทำลายเพื่อไม่ให้เกิดการระบาด และพ่นด้วยสารเคมีกำจัดเชื้อราพวกแมนโคแซบ ไอโพรไดโอน (จิราภา และธงชัย, 2544)

2) โรคใบใหม้ แสดงอาการเป็นแผลฉ่ำน้ำที่ใบ แผลเป็นรูปรีหัวแหลมท้ายแหลม เมื่อลุกลามจะทำให้ใบเหี่ยว มีสีเขียวอมเทา ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแล้วแห้งตายในที่สุด โรคใบใหม้ระบาดในช่วงฤดูหนาวที่น้ำค้างลงจัด สามารถแก้ไขได้โดยการรดแปลงด้วยน้ำปูนใสหรือพ่นด้วยสารคาโนรอน อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (จิราภา และธงชัย, 2544)

3) โรคหัวและรากเน่า มีอาการใบและต้นเหลืองและเหี่ยวแห้งไป พบเส้นใยสีขาวบริเวณโคนต้น อาจพบเม็ดเล็ก ๆ สีขาวหรือน้ำตาลกระจายอยู่ตามพื้น หัวกระเทียมจะเน่าและส่งกลิ่นเหม็น สามารถป้องกันได้โดยการใช้ปูนขาว 200-400 กิโลกรัม/ไร่ใส่รองพื้นก่อนปลูกกระเทียม เมื่อเกิดโรคให้นำชิ้นส่วนที่เป็นโรคไปเผาทำลายและราดดินด้วยสารกำจัดเชื้อราอพรัลหรือเทอราโซล (จิราภา และธงชัย, 2544)

4) โรคราดำ เป็นโรคที่สำคัญที่เกิดขึ้นกับกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยว โดยจะพบก้อนสีดำคล้ายเขม่าเกิดขึ้นบริเวณระหว่างกลีบกระเทียมและจะลุกลามไปทั่วทั้งหัวและแพร่กระจายเข้าสู่กระเทียมหัวอื่น ๆ ที่อยู่โดยรอบ สามารถป้องกันได้โดยการรอให้กระเทียมแก่จัดก่อนเก็บเกี่ยวและเก็บรักษากระเทียมที่เก็บเกี่ยวแล้วในที่ร่ม อากาศถ่ายเทสะดวก เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมความชื้นซึ่งจะทำให้โรคดังกล่าวเจริญเติบโตได้ดีและแพร่กระจายได้ง่าย (จิราภา และธงชัย, 2544)

5) เพลี้ยไฟ เป็นแมลงขนาดเล็กที่คอยดูดกินน้ำเลี้ยงที่ใบของกระเทียม ทำให้ใบแห้งเหมือนถูกไฟไหม้ มักระบาดในช่วงที่มีอากาศร้อน ความชื้นในอากาศต่ำและมีแสงแดดจัด สามารถป้องกันได้โดยการบำรุงรักษาต้นกระเทียมให้เข็งแรง รดน้ำให้ชุ่มและเปียกใบในช่วงเช้าหรือเย็นของวันที่มีอากาศร้อน เพื่อให้เกิดความชื้นซึ่งจะสามารถป้องกันเพลี้ยไฟได้ระดับหนึ่ง หากพบการระบาดให้พ่นด้วยสารเคมีกำจัดเพลี้ยไฟ (จิราภา และธงชัย, 2544)

6) ไรกระเทียม มักสร้างความเสียหายให้กับกระเทียมขณะที่ยังเล็ก จะพบอาการด่างขาวที่ใบของกระเทียม เมื่อโตขึ้นใบจะบิดม้วนและพันกัน สามารถป้องกันได้โดยการแช่กลีบกระเทียมลงในสารละลายผงกำมะถันอัตรา 50-70 กรัม/น้ำ 20 ลิตรก่อนปลูกในพื้นที่ที่เคยพบการระบาดของไรกระเทียม (จิราภา และธงชัย, 2544)

แต่เดิมกระเทียมไม่ได้ถูกนำไปใช้เป็นเครื่องเทศเหมือนเช่นกับในปัจจุบัน แต่คนในแถบเอเชียกลางจะนำกระเทียมมาใช้เป็นส่วนประกอบของยารักษาโรคหรือบริโภคหัวสดโดยตรง (จิราภา และธงชัย, 2544) ทั้งนี้การที่กระเทียมมีคุณสมบัติในการรักษาโรคต่าง ๆ ได้นั้นก็เนื่องมาจากภายในหัวกระเทียมมีสารทุติยภูมอยู่เป็นจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามสารทุติยภูมิที่พบว่ามีอยู่ในปริมาณมากในกระเทียมและมีความสำคัญต่อมนุษย์มากที่สุดคือสารที่มีชื่อว่าอัลลิซิน

2.2 อัลลิซิน

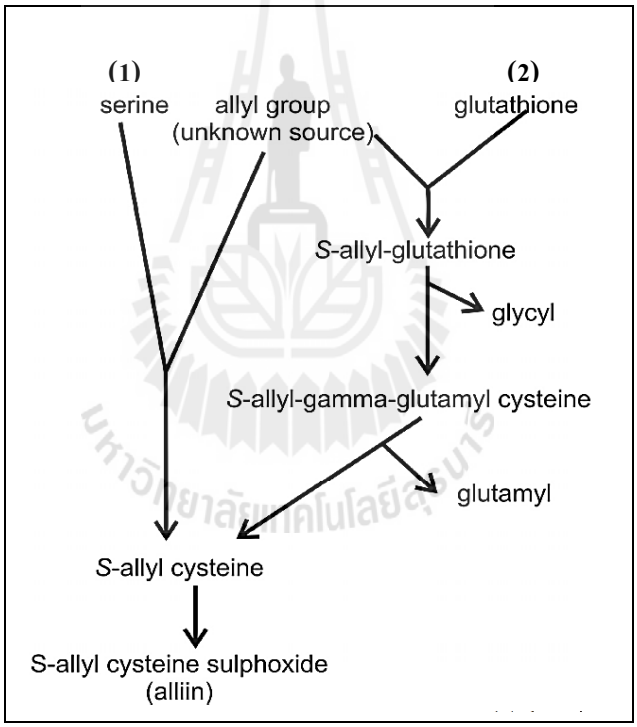
2.2.1 ลักษณะทั่วไปและการใช้ประโยชน์จากอัลลิซิน

อัลลิซิน (2-Propene-1-sulfinothioic acid S-2-propenyl ester: $C_6H_{10}OS_2$) เป็นสารทุติยภูมิที่พบทั่วไปในพืชสกุล Allium โดยพืชที่พบว่ามีปริมาณอัลลิซินสะสมอยู่มากที่สุดคือ กระเทียม (Wikipedia (2), 2012) โดยทั่วไปอัลลิซินจะสะสมอยู่ในกระเทียมในรูปอัลลิอิน (alliin) แต่เมื่อกระเทียมเกิดบาดแผลเอนไซม์ alliinase (EC 4.4.1.4) ซึ่งเก็บอยู่ภายในแวคูโอล (vacuole) จะเข้ามาเปลี่ยนอัลลิอินให้กลายเป็นอัลลิซิน (Jones et al., 2007; Slusarenko et al., 2008)

อัลลิซินมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดทั้งที่เป็นโปรโตซัว เชื้อรา แบคทีเรียหรือแม้กระทั่งเชื้อไวรัสบางชนิด โดยอาศัยพันธะไดซัลไฟด์ภายในโมเลกุลของอัลลิซินเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนเอนไซม์หลายชนิดในจุลินทรีย์ จึงสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยที่จุลินทรีย์จะสามารถสร้างความต้านทานจากอัลลิซินได้ยากมาก (Ankri and Mirelman, 1999; Slusarenko et al., 2008) จึงมีการทดลองนำอัลลิซินมาใช้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคในมนุษย์หลายชนิดซึ่งมีการต้านทานต่อยาปฏิชีวนะได้แก่ *Escherichia coli*, *Staphyloccocus aureus*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecium* และเชื้อราสาเหตุโรคอีกหลายชนิดเช่น *Candida albicans*, *Candida neoformans*, *Candida krusei*, *Candida tropicalis* และ *Torulopsis glabrata* พบว่าอัลลิซินสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี (Ankri and Mirelman, 1999) และด้วยคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ จึงได้มีการทดลองนำอัลลิซินไปใช้ในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชหลายชนิด โดยพบว่าอัลลิซินสามารถควบคุมเชื้อ *Penicillium digitatum* และ *Penicillium italicum* ซึ่งเป็นสาเหตุโรค green and blue mold ในพืชตระกูลส้ม (Obagwa and Korsten, 2003) เชื้อ *Phytophthora infestans* และ *Pseudoperonosporacubensis* ซึ่งเป็นสาเหตุโรครากเน่าและราน้ำค้างในพืชตระกูลแตง (Portz et al.,2008) เชื้อ *Alternaria sp*. ในแครอทและเชื้อ *Magnaporthe sp*. ในข้าวได้ (Slusarenko et al., 2008) นอกจากนี้ยังพบว่าอัลลิซินยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas syringe*, *Xanthomonas campestris* และเชื้อรา *Alternaria brassisicola*, *Botrytis cinerea*, *Magnaporthe grisea* และ *Plectosphaerella cucumerina* ได้เป็นอย่างดี (Curtis et al., 2004) อีกทั้งยังพบว่าอัลลิ-ซินสามารถที่จะช่วยลดคลอเรสเตอรอลที่จับอยู่ตามผนังของหลอดเลือดและช่วยลดการเกาะตัวกันของเกล็ดเลือด จึงทำให้เกิดการหมุนเวียนเลือดได้ดีขึ้น จึงสามารถลดความดันเลือดลงได้ (Baghalian et al., 2005) และยังพบว่าอัลลิซินมีฤทธิ์ในการต้านทานอาการอักเสบและมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งอนุมูลอิสระ (antioxidant) จึงสามารถที่จะป้องกันการเกิดมะเร็งได้ (ประเสริฐ, 2550; Ankri and Mirelman, 1999)

2.2.2 กระบวนการสังเคราะห์อัลลิซิน

การสังเคราะห์อัลลิอินซึ่งเป็นสารตั้งต้นของอัลลิซินคาดกันว่าสามารถสังเคราะห์ได้จาก 2 แนวทางด้วยกันคือการสังเคราะห์โดยใช้ serine เป็นสารตั้งต้น และการสังเคราะห์ผ่าน glutathione (รูปที่ 2.3) สำหรับการสังเคราะห์อัลลิอินโดยใช้ glutathione เป็นสารตั้งต้นนั้นจะอาศัยการเติมหมู่ allyl ให้กับโมเลกุลของ cysteine ซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ใน glutathione โดยอาศัยเอนไซม์ในกลุ่ม glutathione-s-transferase (EC 2.5.1.18) จากนั้นจึงย้ายหมู่ glycine ออกไปโดยกระบวนการ transpeptidation แล้วกำจัด glutamic acid ออกพร้อมกับออกซิไดซ์ cysteine เป็น sulphoxide ได้ผลผลิตเป็นอัลลิอิน ส่วนอีกแนวทางหนึ่งในการสังเคราะห์อัลลิอินคือการเติมหมู่ allyl และหมู่ thiol ให้กับโมเลกุลของ O-acetyl serine เกิดเป็นโมเลกุล s-allyl cysteine ก่อนที่จะออกซิไดซ์ในส่วนของ cysteine ได้เป็นอัลลิอินในที่สุด (Jones et al., 2007; Jones et al., 2004)



รูปที่ 2.3 การสังเคราะห์อัลลิอินโดยผ่านวิถี serine (1) และ glutathione (2) (Jones et al., 2007)

พบว่าเนื้อเยื่อทุกชนิดของกระเทียมที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อสามารถที่จะสังเคราะห์อัลลิอินขึ้นมาได้ โดยปริมาณอัลลิอิลจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้นของ S ที่สูงขึ้น (Nasim et al., 2010) โดยปกติอัลลิอินจะสังเคราะห์ขึ้นมามากที่สุดที่ใบ โดยจะเริ่มสังเคราะห์ในช่วงที่ใบมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และเมื่อใบมีการเจริญเติบโตเต็มที่จะพบการ

สะสมของอัลลิอินอยู่ในรากเป็นจำนวนมาก จากนั้นเมื่อเริ่มมีการพัฒนาของหัวปริมาณอัลลิอินในรากและใบจะลดลงพร้อมกับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของหัวและการแก่ของราก (Bloem et al., 2004) โดยที่ปริมาณการสะสมอัลลิอินในกระเทียมจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ช่วงอายุและสภาพแวดล้อมในการปลูก ในสภาพที่มีช่วงแสงยาวและมีปริมาณแสงสูงจะทำให้มีการสะสมอัล-ลิอินในปริมาณสูง และในดินที่มีสภาพเป็นกลางหรือด่างอ่อน ๆ จะมีปริมาณการสะสมอัลลิอินในหัวกระเทียมสูงกว่าในดินที่มีสภาพเป็นกรด นอกจากนี้ยังพบว่าการให้ปุ๋ย S ทั้งทางดินและทางใบจะทำให้มีการสะสมอัลลิอินในหัวกระเทียมเพิ่มขึ้นได้ (Eagling and Sterling, 2000; Huchette et al., 2007)

2.3 ธาตุอาหารพืช

2.3.1 ธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืช (plant nutrients) คือธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช โดยที่ธาตุเหล่านั้นต้องมีบทบาทในกระบวนการเมแทบอลิซึมอย่างเฉพาะเจาะจง ไม่มีธาตุอื่นใดทำหน้าที่แทนได้โดยสมบูรณ์ (ดิเรก, 2550) จากคำจำกัดความดังกล่าวจะพบว่าธาตุอาหารพืชประกอบด้วยธาตุทั้งหมด 17 ธาตุ โดยที่คาร์บอน ออกซิเจนและไฮโดรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของสิ่งมีชีวิตพืชได้รับมาจากอากาศและน้ำ โดยที่คาร์บอนและออกซิเจนพืชได้มาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน ไฮโดรเจนได้มาจากน้ำ ส่วนอีก 14 ธาตุที่เหลือพืชจึงได้รับมาจากสารละลายที่อยู่รอบ ๆ ดิน โดยธาตุเหล่านี้สามารถจัดเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามปริมาณความต้องการของพืชได้ดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

มหาธาตุ (macronutrients) เป็นธาตุที่พืชมีความต้องการในปริมาณมากมีความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชมากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งของพืชหนึ่งกิโลกรัม มีทั้งหมด 6 ธาตุได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์

- ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุอาหารที่พืชมีความต้องการจากดินมากที่สุด มีความเข้มข้นภายในพืชประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พืชได้รับไนโตรเจนจากดินในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิกและเอนไซม์ต่าง ๆ ในพืช ไนโตรเจนจะส่งเสริมการเจริญเติบโตในส่วนของใบ ยอดและกิ่งก้านของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- ฟอสฟอรัส (P) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับฟอสฟอรัสในรูปไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) และโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิกและสารที่ทำหน้าที่ในการ

ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช ฟอสฟอรัสมีส่วนช่วยในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและสารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- โพแทสเซียม (K) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมไอออน (K^+) โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในพืชแต่จะอยู่ในรูปของไอออนละลายอยู่ภายในไซโตพลาสซึมเพื่อทำหน้าที่ในการปรับแรงดันออสโมติกในพืช โพแทสเซียมมีส่วนช่วยในกระบวนการสังเคราะห์น้ำตาล แป้งและโปรตีน และมีส่วนช่วยในกระบวนการลำเลียงน้ำตาลออกจากส่วนใบไปยังส่วนที่เป็นผล เมล็ดหรือหัวซึ่งเป็นแหล่งสะสมอาหารของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- แคลเซียม (Ca) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับแคลเซียมในรูปแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญในผนังเซลล์ มีส่วนช่วยในกระบวนการแบ่งเซลล์ การผสมเกสรและการงอกของเมล็ดพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- แมกนีเซียม (Mg) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับแมกนีเซียมในรูปแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เป็นตัวปลุกฤทธิ์ของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต แมกนีเซียมมีส่วนช่วยในการสังเคราะห์กรดอะมิโน วิตามิน ไขมันและน้ำตาล ช่วยในการรักษาสภาพความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์และช่วยในกระบวนการงอกของเมล็ดพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- ซัลเฟอร์ (S) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับซัลเฟอร์ในรูปซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน โค-เอนไซม์และวิตามินบางชนิด นอกจากนี้ซัลเฟอร์ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารที่ระเหยได้ในพืชบางชนิด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

จุลธาตุ (micronutrients) เป็นธาตุอาหารที่พืชมีความต้องการปริมาณน้อยมาก แต่ก็มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยจุลธาตุจะมีความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชน้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งของพืช มีทั้งหมด 8 ธาตุได้แก่ เหล็ก แมงกานีส โบรอน ทองแดง สังกะสี โมลิบดินัม คลอรีนและนิเกิล

- เหล็ก (Fe) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับเหล็กจากดินในรูปเฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) และเฟอริกไอออน (Fe^{3+}) เหล็กเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์และเอนไซม์หลายชนิดมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันในพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- แมงกานีส (Mn) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับแมงกานีสจากดินในรูปแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) แมงกานีสเป็นตัวปลุกฤทธิ์เอนไซม์หลายชนิด มีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมีส่วนช่วยในเมแทบอลิซึมของเหล็กและไนโตรเจน และทำหน้าที่ร่วมกับเหล็กในการควบคุม redox potential ในพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- โบรอน (B) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับโบรอนจากดินในรูปกรดบอริก (H_3BO_3) และบอเรตไอออน ($B_4O_7^{2-}$) โบรอนมีบทบาทต่อการติดผลและการเคลื่อนย้ายน้ำตาลในพืช จำเป็นต่อกระบวนการแบ่งเซลล์และการงอกของละอองเรณูของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- ทองแดง (Cu) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับทองแดงจากดินในรูปคิวปรัสไอออน (Cu^{+}) และคิวปริกไอออน (Cu^{2+}) ทองแดงเป็นองค์ประกอบของ electron carrier ในกระบวนการหายใจ มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และทำหน้าที่เป็นตัวปลุกฤทธิ์เอนไซม์หลายชนิดในพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- สังกะสี (Zn) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับสังกะสีจากดินในรูปซิงค์ไอออน (Zn^{2+}) สังกะสีมีส่วนช่วยในกระบวนการสังเคราะห์ออกซินและคลอโรฟิลล์ อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็นตัวปลุกฤทธิ์เอนไซม์หลายชนิดในพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- โมลิบดินัม (Mo) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับโมลิบดินัมจากดินในรูปโมลิบเดตไอออน (MoO_4^{2-}) โมลิบดินัมเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส จึงมีบทบาทในการนำไนเตรทไปใช้ประโยชน์ และยังจำเป็นสำหรับกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และเอนไซม์บางชนิดในพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

- คลอรีน (Cl) มีความเข้มข้นในพืชประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง พืชได้รับคลอรีนจากดินในรูปคลอไรด์ไอออน (Cl^{-}) คลอรีนมีบทบาทบางประการเกี่ยวกับฮอร์โมนในพืชและมีส่วนช่วยในการปรับศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์พืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

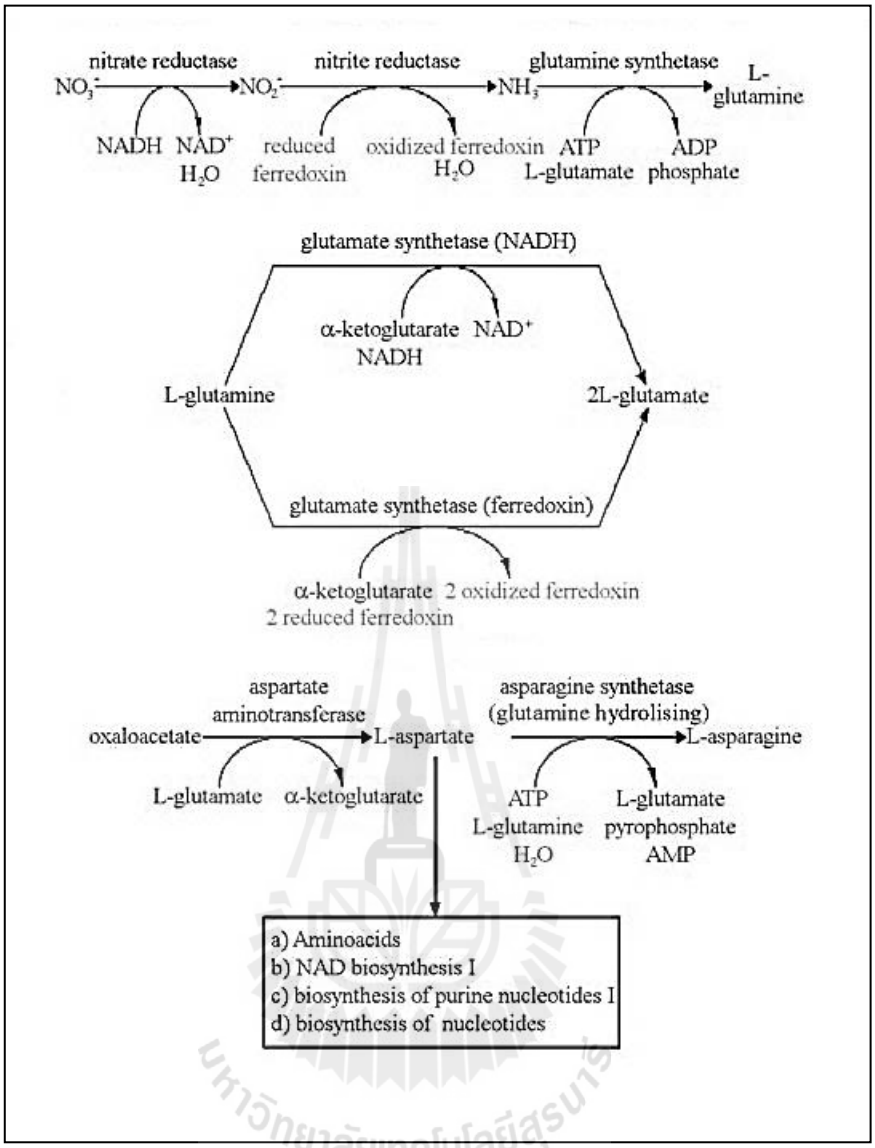
- นิเกิล (Ni) นิเกิลเป็นโคเฟกเตอร์ของเอนไซม์ยูรีเอสและมีความจำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดในพืช (วิกิพีเดีย (1), 2555)

2.3.2 ปฏิกิริยาแอสซิมิเลชันของไนโตรเจน (Nitrogen assimilation)

พืชได้รับไนโตรเจนส่วนใหญ่จากการ uptake ไนเตรทผ่านทาง nitrate transporter ในรากพืช จากนั้นไนเตรทที่เข้ามาจะถูกรีดิวส์ไปเป็นแอมโมเนียในลูโคพลาสของรากหรือถูกส่งผ่านไซเลมเข้าสู่เซลล์มีโซฟิลล์ (mesophyll cell) ในใบ ที่เซลล์มีโซฟิลล์ไนเตรทบางส่วนจะถูกรีดิวส์ไปเป็นแอมโมเนียโดยอาศัยเอนไซม์ nitrate reductase (EC 1.7.1.1) และ nitrite reductase (EC 1.7.2.1) ภายในคลอโรพลาส (รูปที่ 2.4) ไนเตรทส่วนที่เหลือจะถูกนำไปเก็บไว้ชั่วคราวในแวคิว-โอล แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะเข้าทำปฏิกิริยากับ glutamate โดยอาศัยเอนไซม์ glutamine synthetase (EC 6.3.1.2) และใช้พลังงานจาก ATP เกิดเป็น glutamine ขึ้นมา จากนั้น glutamine ที่เกิดขึ้นจะเข้าทำปฏิกิริยากับ α-ketoglutarate โดยใช้เอนไซม์ glutamate synthase (EC 1.4.1.13 และ EC 1.4.1.14) ได้เป็น glutamate 2 โมเลกุล โดยที่ glutamate โมเลกุลหนึ่งจะกลับเข้าไปทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียอีกครั้ง ส่วน glutamate อีกหนึ่งโมเลกุลจะทำหน้าที่ถ่ายทอดหมู่ amide ไปให้กับ aspartate asparagine และใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโน โปรตีนและกรดนิวคลีอิกต่อไป (Lam et al., 1996)

ส่วนเซอรีน (Serine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์อัลลิอิน ได้มาจากส่วนท้ายในกระบวนการ photorespiration ภายใน mitochondria ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของไกลซีน 2 โมเลกุล เกิดเป็นเซอรีน 1 โมเลกุล คาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนียอย่างละ 1 โมเลกุล (Wickert et al., 2007)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

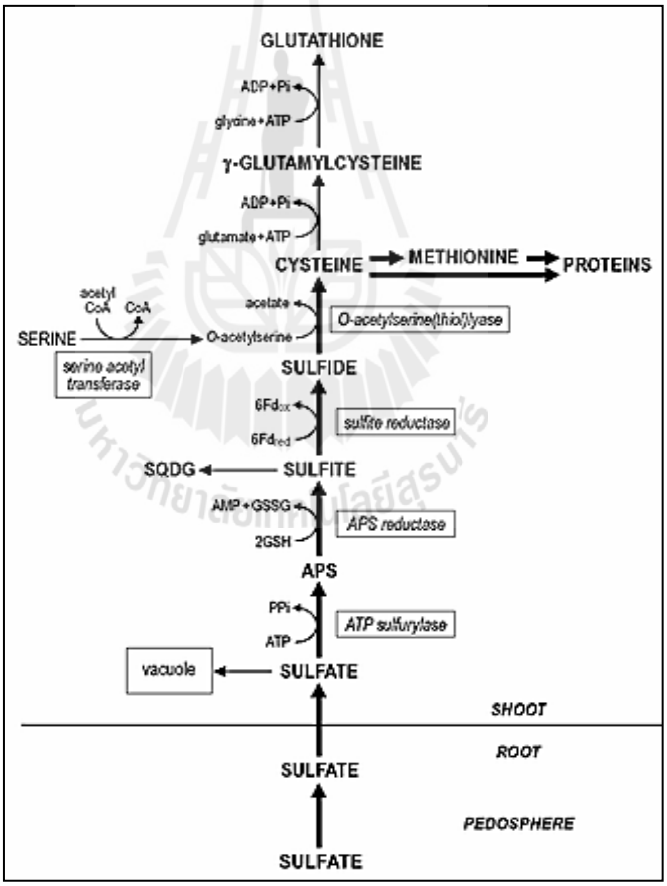


รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาแอสซิมิเลชันของไนโตรเจน (Wickert et al., 2007)

2.3.3 ปฏิกิริยาแอสซิมิเลชันของซัลเฟอร์ (Sulfur assimilation)

พืชดูดซัลเฟต (SO_4^{2-}) จากดินเข้าสู่ต้นพืชผ่านทาง sulfate transporter ของราก โดยที่ sulfate transporter ในรากพืชจะมีทั้งแบบที่เป็น low affinity sulfate transporter ซึ่งจะสามารถ uptake sulfate ได้ดีในช่วงที่มีปริมาณซัลเฟตในดินสูง (ระดับ mM) และแบบที่เป็น high affinity sulfate transporter ที่สามารถ uptake ซัลเฟตได้ดีแม้มีความเข้มข้นของซัลเฟตในดินต่ำ (ระดับ μM) จากนั้นซัลเฟตจะถูกลำเลียงผ่านไซเลมไปยังส่วนยอด ภายในคลอโรพลาสของ bundle sheath cell ในส่วนยอดเอนไซม์ ATP sulfurylase (EC 2.7.7.4) จะเปลี่ยนซัลเฟตไปเป็น adenosine 5'-phosphosulfate (APS) (รูปที่ 2.5) จากนั้น APS จะถูกรีดิวส์ไปเป็นซัลไฟท์ (SO_3^{2-}) โดยอาศัย

เอนไซม์ APS reductase (EC 1.8.4.9) และถูกรีดิวส์ต่ออีกครั้งด้วย sulfide reductase (EC 1.8.7.1) กลายเป็นซัลไฟด์ไอออน (S^{2-}) ก่อนจะเข้าทำปฏิกิริยากับ o-acetyl serine โดยอาศัยเอนไซม์ o-acetyl serine(thiol)lyase (EC 2.5.1.47) เกิดเป็น cysteine โดยที่ o-acetyl serine ที่ใช้สังเคราะห์ cysteine นั้นสังเคราะห์ได้จากการเติมหมู่ acetyl ให้กับ serine โดยใช้ acetyl Coenzyme A และมีเอนไซม์ serine acetyltransferase (EC 2.3.1.30) ช่วยในปฏิกิริยา จากนั้น cysteine ที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์ methionine และโปรตีนต่อไป ขณะที่ cysteine บางส่วนจะนำไปใช้ในการสังเคราะห์ glutathione ซึ่งจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์อัลลิอิน โดยในการสังเคราะห์ glutathione จำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์ 2 ชนิดคือ γ–glutamyl cysteine synthetase (EC 6.3.2.2) เพื่อเปลี่ยน cysteine ไปเป็น γ–glutamyl cysteine และเอนไซม์ glutathione synthetase (EC 6.3.2.3) เพื่อเปลี่ยน γ–glutamyl cysteine ไปเป็น glutathione (Kopriva and Rennenberg, 2004; Saito, 2000)



รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาแอสซิมิเลชันของซัลเฟอร์ (Wikipedia (3), 2012)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ต้องการที่จะศึกษาผลของธาตุอาหาร อายุเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาต่อปริมาณและการเปลี่ยนแปลงอัลลิซินในกระเทียม จึงได้ดำเนินการวิจัยโดยแบ่งทดลองออกเป็น 3 การทดลองย่อยดังต่อไปนี้

3.1 การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาอิทธิพลของธาตุอาหารพืชสองชนิดได้แก่ N และ S ซึ่งคาดว่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมอัลลิอินในหัวกระเทียม เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาณอัลลิซินในกระเทียมต่อไป

3.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 เป็นระดับของ N ในสารละลายธาตุอาหารที่ให้แก่กระเทียมมี 3 ระดับคือ

ระดับที่ 1 เข้มข้น 180 mg/l

ระดับที่ 2 เข้มข้น 360 mg/l

ระดับที่ 3 เข้มข้น 540 mg/l

ปัจจัยที่ 2 เป็นระดับของ S ในสารละลายธาตุอาหารที่ให้แก่กระเทียมมี 5 ระดับคือ

ระดับที่ 1 เข้มข้น 25 mg/l

ระดับที่ 2 เข้มข้น 100 mg/l

ระดับที่ 3 เข้มข้น 175 mg/l

ระดับที่ 4 เข้มข้น 250 mg/l

ระดับที่ 5 เข้มข้น 325 mg/l

ซึ่งเมื่อรวมปัจจัยทั้งหมดเข้าด้วยกันจะทำให้ได้ทรีตเมนต์จำนวน 15 ทรีตเมนต์ แต่ละทรีต-เมนต์ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัวอย่าง

3.1.2 วิธีการทดลอง

ทำการทดลองในกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่ปลูกในวัสดุผสมระหว่างทรายหยาบ แกลบดิบ และขุยมะพร้าวอัตราส่วน 1:2:2 ในถุงปลูกขนาด 8 นิ้ว มีการให้สารละลายธาตุอาหารในแต่ละ

ทรีตเมนต์ทุก 7 วัน ครั้งละ 400 มิลลิลิตร โดยสารละลายธาตุอาหารที่ให้ประกอบด้วย N และ S ในระดับที่แตกต่างกันตามแต่ละทรีตเมนต์ และให้ธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ ที่ประกอบด้วยฟอสฟอรัส 31 mg/l โพแทสเซียม 235 mg/l แคลเซียม 200 mg/l แมกนีเซียม 48 mg/l เหล็ก 5 mg/l แมงกานีส 0.5 mg/l โบรอน 0.5 mg/l ทองแดง 0.02 mg/l สังกะสี 0.05 mg/l และโมลิบดินัม 0.01 mg/l ใช้กรดไฮโดรคลอริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับความเป็นกรด-ด่างของสารละลายธาตุอาหารให้อยู่ระหว่าง 6.5-7.0 ตลอดระยะเวลาการปลูก เก็บเกี่ยวเมื่อกระเทียมมีอายุ 90 วัน โดยงดการให้น้ำแก่กระเทียมก่อนเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 7 วัน

บันทึกการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้นและขนาดของหัวทุกสองสัปดาห์ โดยวัดความสูงต้นจากฐานล่างของหัวกระเทียมจนถึงปลายใบสูงสุด วัดขนาดของหัวกระเทียมเฉลี่ยจากการใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์วัดขนาดหัวในแนวที่กว้างที่สุดและแคบที่สุดของหัว วิเคราะห์ความเข้มข้นของ N ตามวิธีการของ Kjeldahl (สรวงธิดา (1), 2547) และวิเคราะห์ความเข้มข้นของ S ที่ได้จากการสกัดด้วยกรดผสม HNO_3: $HClO_4$ อัตราส่วน 3:1 ตามวิธีการ Turbidimetric (สรวงธิดา (2), 2547) ในกระเทียมทั้งต้นหลังปลูก 75 วัน ชั่งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัล- ลิซินในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บรักษาที่ 30 และ 90วัน วิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมโดยใช้กระเทียมกลีบนอกสุดของหัวที่ผ่านการปอกเปลือกแล้ว 1.00 กรัม มาบดด้วยโกร่งเย็น สกัดด้วยน้ำปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 7,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนใสที่ได้ไปเจือจางแล้ววัดความเข้มข้นของอัลลิซินตามวิธีการของ Miron และคณะ (2002)

3.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าความสูงต้นและขนาดของหัวที่วัดได้ในแต่ละครั้ง น้ำหนักสดของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและความเข้มข้นของอัลลิซินที่วัดได้ในแต่ละระยะการเก็บรักษามาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS for window V.14 หากผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน เปรียบเทียบความแตกต่างของทรีตเมนต์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3.2 การทดลองที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมระหว่างการเจริญเติบโตและปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในหัวกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษระหว่างการเจริญเติบโต และศึกษาอิทธิพลของอายุเก็บเกี่ยวต่อปริมาณอัลลิซินและการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวกระเทียมเพื่อให้มีปริมาณอัลลิซินสูงที่สุด

3.2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ทรีตเมนต์ ได้แก่

ทรีตเมนต์ที่ 1 เก็บเกี่ยวกระเทียมเมื่อมีอายุ 70 วัน

ทรีตเมนต์ที่ 2 เก็บเกี่ยวกระเทียมเมื่อมีอายุ 80 วัน

ทรีตเมนต์ที่ 3 เก็บเกี่ยวกระเทียมเมื่อมีอายุ 90 วัน

แต่ละทรีตเมนต์ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

3.2.2 วิธีการทดลอง

ทำการทดลองในกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่ปลูกในดินชุดโคราช โดยใช้ระยะปลูก 10 x 10 เซนติเมตรในแปลงขนาดประมาณ 5 ตารางเมตร คลุมแปลงด้วยเศษหญ้าแห้ง รดน้ำและกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ และให้ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ประมาณ 20 กรัมต่อตารางเมตรเมื่อกระเทียมมีอายุได้ 1 เดือน (ดัดแปลงจาก: จิราภา และธงชัย, 2544) ทำการวัดการเจริญเติบโตของกระเทียมด้านความสูงต้น การเจริญของหัวและวิเคราะห์หาปริมาณอัลลิซินในหัวกระเทียมทุก 14 วัน หลังจากการปลูก จากนั้นทำการสุ่มเก็บกระเทียมที่ปลูกในแปลงปลูกเดียวกันในระยะต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้สำหรับการทดลอง โดยทำการเก็บเกี่ยวกระเทียมใน 3 ระยะเก็บเกี่ยวคือ ระยะที่ 1 เก็บเกี่ยวเมื่อกระเทียมมีอายุ 70 วัน ระยะที่ 2 เก็บเกี่ยวเมื่อกระเทียมมีอายุ 80 วัน และระยะที่ 3 เก็บเกี่ยวเมื่อกระเทียมมีอายุ 90 วัน ทำการเก็บรักษาผลผลิตไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่ระยะ 0 30 และ 90 วันหลังการเก็บรักษา

3.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยการเปรียบเทียบปริมาณอัลลิซินในหัวกระเทียมในแต่ละระยะการเจริญเติบโต และวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณอัลลิซินในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บรักษาโดยใช้โปรแกรม SPSS for window V.14 และหากผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน เปรียบเทียบความแตกต่างของทรีตเมนต์โดยใช้วิธี DMRT

3.3 การทดลองที่ 3 ผลของสภาพการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาพแวดล้อมทางด้านอุณหภูมิและความชื้นในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมระหว่างการเก็บรักษา เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาณอัลลิซินในกระเทียมหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป

3.3.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 7 ทรีตเมนต์ตามสภาพการเก็บรักษากระเทียมได้แก่

ทรีตเมนต์ที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นห้อง (Control)

ทรีตเมนต์ที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-6^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70%

ทรีตเมนต์ที่ 3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-6°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90%

ทรีตเมนต์ที่ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70%

ทรีตเมนต์ที่ 5 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8-10°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90%

ทรีตเมนต์ที่ 6 ช่วงแรกทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วันก่อนย้ายไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 4-6°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70% เป็นเวลา 30 วัน

ทรีตเมนต์ที่ 7 ช่วงแรกทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วันก่อนย้ายไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 4-6°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% เป็นเวลา 30 วัน

โดยในแต่ละทรีตเมนต์ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัวอย่าง

3.3.2 วิธีการทดลอง

ทำการทดลองโดยเลือกเก็บเกี่ยวกระเทียมที่มีขนาดเท่า ๆ กันจากแปลงปลูกเดียวกัน นำไปผึ่งไว้ให้แห้งในที่ร่มเป็นเวลา 20 วัน จากนั้นสุ่มกระเทียมออกมาจัดเป็นกลุ่ม ๆ จำนวน 7 กลุ่ม โดยในแต่ละกลุ่มจะแบ่งกระเทียมออกเป็น 2 ส่วน มัดกระเทียมในแต่ละส่วนรวมกันนำไปใส่ในกล่องโฟมขนาดประมาณ 6 ลิตร ก่อนนำไปเก็บรักษาภายใต้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ กัน โดยกระเทียมส่วนหนึ่งจะนำไปใช้เพื่อหาอัตราการสูญเสียน้ำหนักหลังการเก็บเกี่ยว อีกส่วนหนึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณอัลลิซินในกระเทียมหลังการเก็บรักษาในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ บันทึกผลการทดลองโดยทำการชั่งน้ำหนักสดในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษา หาอัตราส่วนของน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้ง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและวัดปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ ที่เวลา 0 20 40 60 80 100 และ 120 วันหลังการเก็บรักษา

3.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและปริมาณอัลลิซินในหัวกระเทียมแต่ละทรีตเมนต์มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS for window V.14 หากผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน เปรียบเทียบความแตกต่างของทรีตเมนต์โดยใช้วิธี DMRT

บทที่ 4
ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม

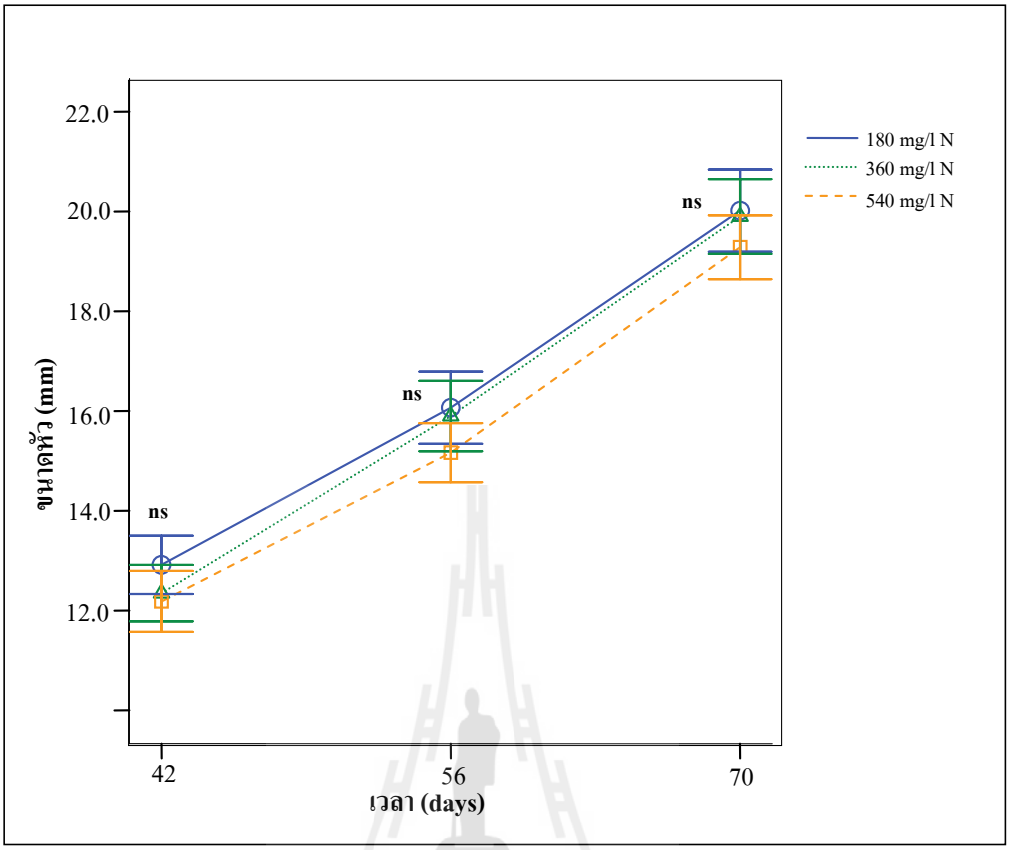
4.1.1 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ

จากการทดลองปลูกกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วยทรายหยาบ แกลบดิบและขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:2:2 และให้สารละลายธาตุอาหารที่มีปริมาณ N และ S ในระดับที่แตกต่างกัน พบว่าผลผลิตกระเทียมที่ได้โดยรวมมีขนาดเล็กกว่ากระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่ปลูกในดินโดยทั่วไป น้ำหนักเฉลี่ยของกระเทียมที่ได้ประมาณ 5 กรัมต่อหัว (ตารางที่ 4.1) โดยผลของ N และ S ต่อการเจริญเติบโตของกระเทียมในแต่ละทรีตเมนต์ พบว่าระดับของ N ที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดของหัวกระเทียมตลอดระยะเวลาปลูก (รูปที่ 4.1) แต่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมหลังจากการปลูกที่ 56 และ 70 วัน (รูปที่ 4.2) โดยพบว่าการให้ N ในระดับที่สูงขึ้นจะมีผลให้ความสูงของกระเทียมลดลงเล็กน้อย แต่ Farooqui และคณะ (2009) พบว่าการให้ N เพิ่มขึ้นจะทำให้กระเทียมมีปริมาณใบมากขึ้น ความสูงต้นเพิ่มขึ้นและมีความหนาของลำต้นเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้น้ำหนักของผลผลิตกระเทียมที่ได้เพิ่มขึ้น ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าการให้ N ในระดับที่สูงขึ้นจะให้ผลผลิตที่มีน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.1) ส่วนระดับของ S ที่ให้พบว่าไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมตลอดระยะเวลาการปลูก (รูปที่ 4.4) แต่ส่งผลต่อขนาดของหัวกระเทียมในช่วง 70 วันหลังการปลูก (รูปที่ 4.3) โดยที่การให้ S ที่ระดับ 175 และ 250 mg/l ให้กระเทียมที่มีขนาดหัวโตที่สุดที่ 20.8 และ 20.6 มิลลิเมตรตามลำดับ โตกว่าการให้ S ที่ระดับ 100 mg/l ส่วนการให้ S ที่ระดับ 25 และ 325 mg/l ให้กระเทียมที่มีหัวขนาดเล็กที่สุดที่ 18.8 และ 18.6 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยที่ Farooqui และคณะ (2009) พบว่าการให้ S เพิ่มขึ้นขนาดของหัวและขนาดของลำต้นกระเทียมจะสูงขึ้น จึงมีผลให้ได้ผลผลิตของกระเทียมเพิ่มขึ้นซึ่งข้อมูลดังกล่าวก็สอดคล้องกับน้ำหนักของผลผลิตจากการทดลองที่ได้ที่พบว่าการให้ S ที่ระดับ 100 175 และ 250 mg/l ให้ผลผลิตที่มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าการให้ S ที่ระดับ 25 mg/l (ตารางที่ 4.1) แต่การให้ S ที่ระดับสูงกว่า 175 mg/l กลับพบว่ามีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตที่มีน้ำหนักลดลง อาจเนื่องมาจากการให้ S สูงเกินไปจะมีผลในการยับยั้งปฏิกิริยาแอสซิมิเลชันของซัลเฟต (Brunold and Schmidt, 1978) อีกทั้งปริมาณซัลเฟตในดินที่เพิ่มขึ้นยังมีผลในการยับยั้งการ uptake ของธาตุโบรอนและโมลิบดินัมของพืช (Haneklaus et al., 2006) จึงพบว่าการให้ซัลเฟตในความเข้มข้นที่สูงเกินไปมีผลทำให้ผลผลิตของ

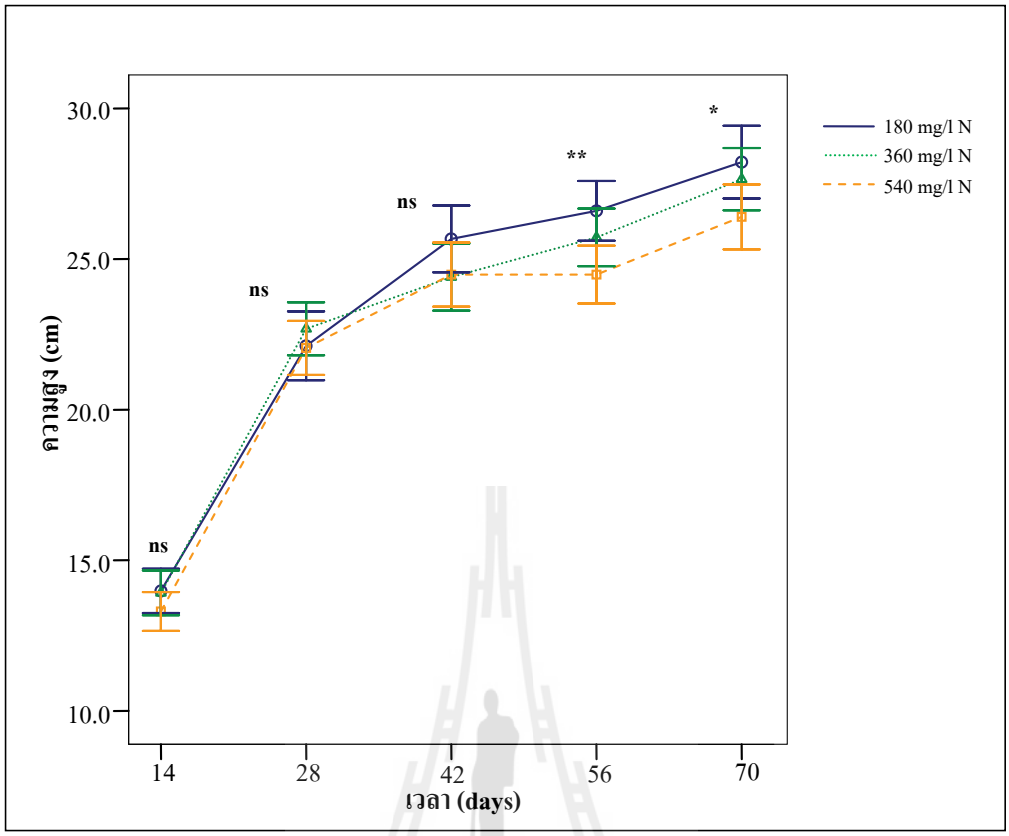
กระเทียมลดลงได้ และพบว่าปฏิกิริยาระหว่าง N กับ S ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของกระเทียมที่ 70 วันหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 1) โดยที่เมื่อให้ N ที่ระดับ 180 mg/l การให้ S ที่ระดับ 175 mg/l ให้กระเทียมที่มีความสูงมากที่สุด (ตารางที่ 4.2) ขณะที่เมื่อให้ N ที่ระดับ 360 และ 540 mg/l พบว่าการให้ S ที่ระดับ 100 และ 325 mg/l ให้กระเทียมที่มีความสูงมากที่สุดตามลำดับ โดยที่การให้ S ที่ระดับ 25 175 และ 250 mg/l เมื่อให้ N ที่ระดับ 180 mg/l จะให้กระเทียมที่มีความสูงมากที่สุด สำหรับปฏิกิริยาระหว่าง N กับ S ต่อการเจริญเติบโตทางด้านขนาดหัวของกระเทียมที่ 70 วันหลังปลูกพบว่ามีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 2) โดยที่การให้ N ที่ระดับ 180 และ 540 mg/l เมื่อให้ S ที่ระดับ 175 mg/l จะให้กระเทียมที่มีขนาดหัวสูงที่สุด (ตารางที่ 4.3) ขณะที่การให้ S ที่ระดับ 25 และ 100 mg/l เมื่อให้ N ที่ระดับ 360 mg/l จะให้ขนาดหัวสูงสุด

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อหัวของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกัน

น้ำหนักสด (g/bulb)						
ระดับของไนโตรเจน (mg/l)	**ระดับของซัลเฟอร์ (mg/l)**					
	25	**100**	**175**	**250**	**325**	**เฉลี่ย**
180	2.58	6.62	8.41	2.91	2.16	4.54
360	2.69	7.96	5.03	6.49	2.80	4.99
540	5.15	3.42	4.32	7.03	6.31	5.25
เฉลี่ย	3.47	6.00	5.92	5.48	3.76	4.93

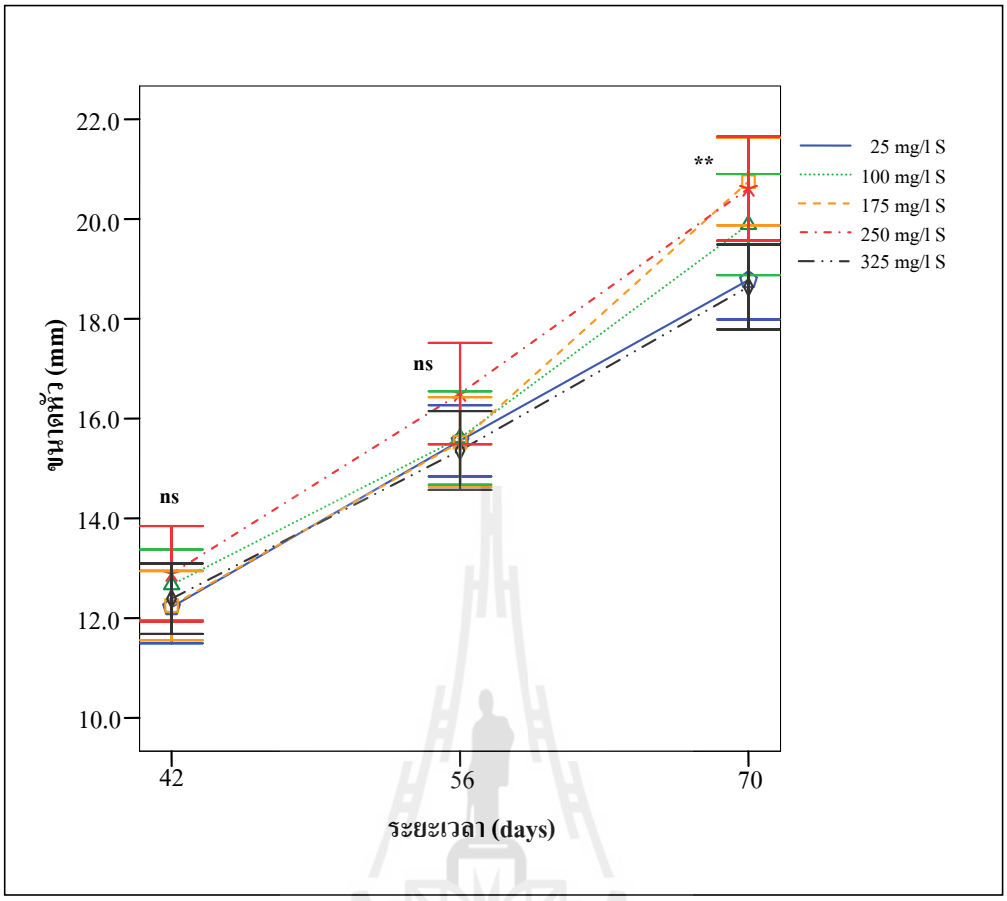


รูปที่ 4.1 ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดหัวของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ โดยที่ Errorbars= 2SE, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละทรีตเมนต์ในช่วงเวลาเดียวกัน



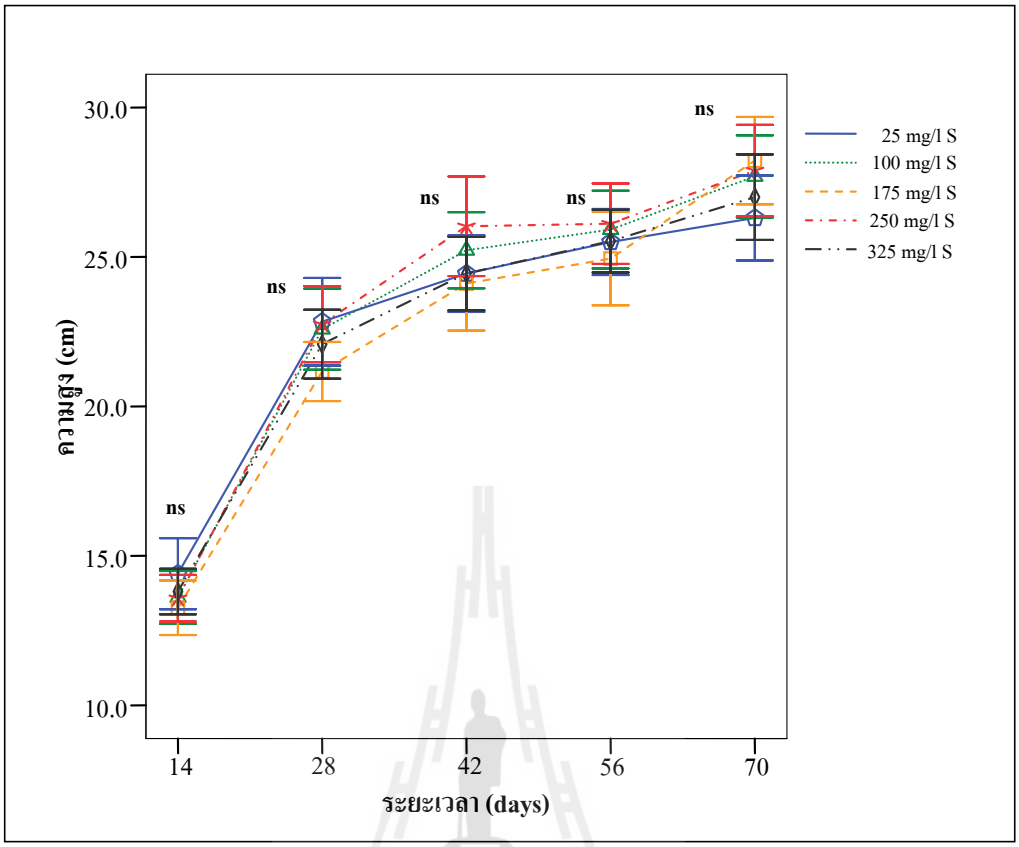
รูปที่ 4.2 ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ โดยที่ Error bars= 2SE, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, *=แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ **= แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละทรีต-เมนต์ในช่วงเวลาเดียวกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.3 ผลของซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดหัวของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ โดยที่ Error bars= 2SE, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ **

= แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อ เปรียบเทียบแต่ละทรีตเมนต์ในช่วงเวลาเดียวกัน



รูปที่ 4.4 ผลของซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ โดยที่ Error bars= 2SE, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละทรีตเมนต์ในช่วงเวลาเดียวกัน

ตารางที่ 4.2 การเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่ได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกันที่ 70 วันหลังการปลูก

ความสูง (cm)						
ระดับของไนโตรเจน (mg/l)	**ระดับของซัลเฟอร์ (mg/l)**					
	25	**100**	**175**	**250**	**325**	**เฉลี่ย**
180	26.92	26.83	31.58	30.33	25.42	28.22
360	25.75	30.50	26.50	28.58	26.92	27.65
540	26.25	25.75	26.58	24.75	28.67	26.40
เฉลี่ย	26.31	27.69	28.22	27.89	27.00	27.42

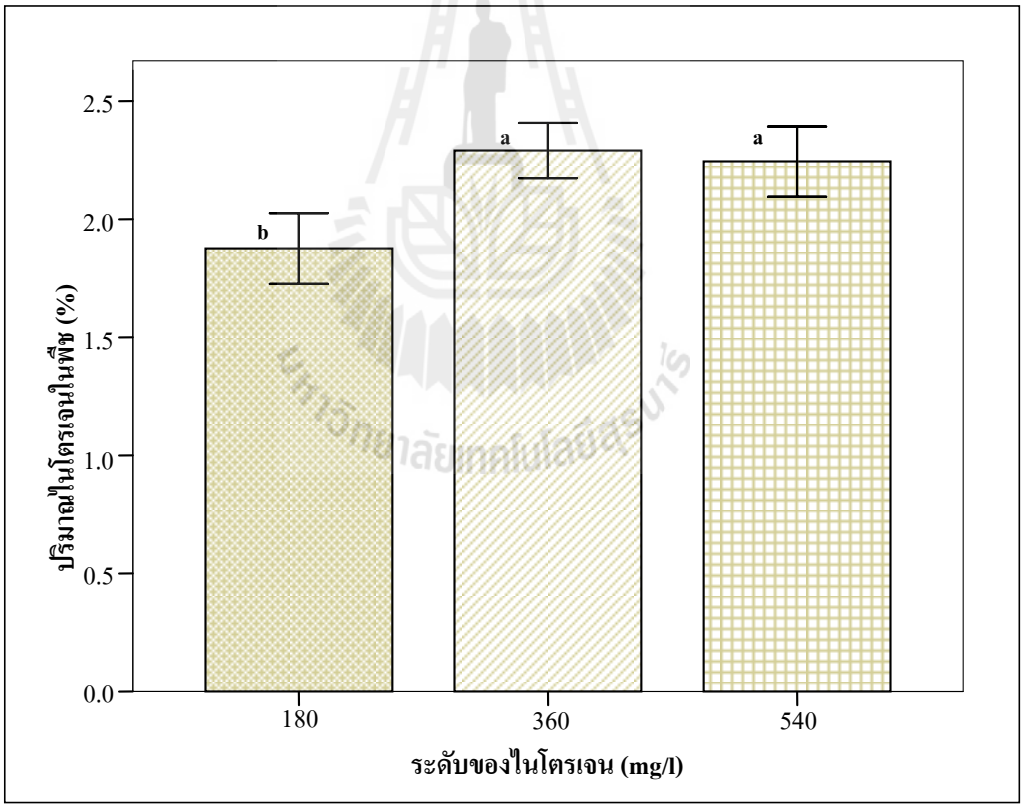
ตารางที่ 4.3 การเจริญเติบโตด้านขนาดหัวของกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่ได้รับไนโตรเจนและซัล-เฟอร์ในระดับที่ต่างกันที่ 70 วันหลังการปลูก

ขนาดหัว (mm)						
ระดับของไนโตรเจน (mg/l)	**ระดับของซัลเฟอร์ (mg/l)**					
	25	**100**	**175**	**250**	**325**	**เฉลี่ย**
180	18.33	19.50	22.92	21.33	18.00	20.02
360	19.25	21.83	19.17	21.00	18.25	19.90
540	18.75	18.33	20.17	19.50	9.67	19.28
เฉลี่ย	18.78	19.89	20.75	20.61	18.64	19.73

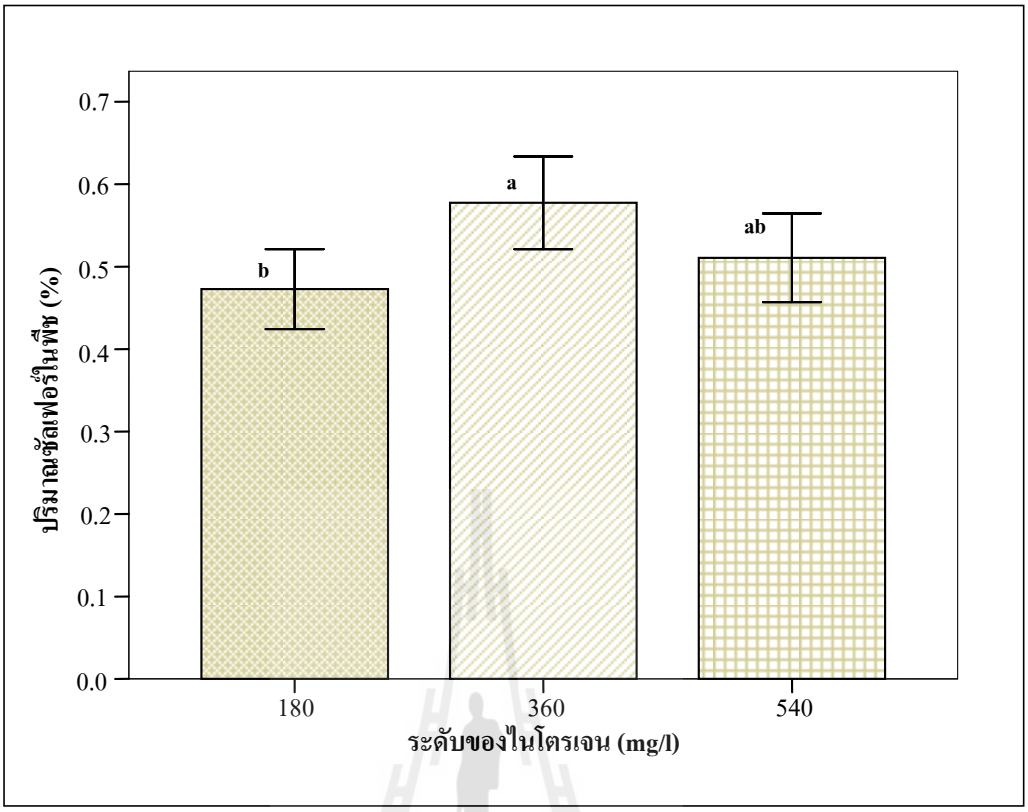
4.1.2 ปริมาณธาตุอาหารในกระเทียมที่ได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกัน

สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อกระเทียมทั้งต้นที่ได้รับ N และ S ในระดับที่แตกต่างกันให้ผลดังรูปที่ 4.5และ 4.8 โดยระดับของ N ที่ให้ส่งผลต่อความเข้มข้นของ N และ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมดังนี้ การให้ N ที่ระดับ 360 และ 540 mg/l ส่งผลให้ความเข้มข้นของ N ในเนื้อเยื่อกระเทียมสูงกว่าการให้ N ที่ระดับ 180 mg/l อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.5) ทั้งนี้เพราะการให้ N ที่ระดับ 180mg/l พืชจะได้รับ N ซึ่งจะนำไปใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนโปรตีนและสารอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตในระดับต่ำ พืชจึงมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตน้อยกว่ากระเทียมที่ได้รับ N ที่ระดับ 360 และ 540 mg/l ดังตารางที่ 4.1 และพบว่าการให้ N ในระดับ 360 mg/l ส่งผลให้ความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมสูงกว่าการให้ในโตรเจนที่ระดับ 180 mg/l อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.6) โดยในสภาพที่พืชได้รับ N ในระดับต่ำกว่าความต้องการ เมื่อมีการให้ N เพิ่มขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์ APS reductase จะเพิ่มสูงขึ้นและมีการสะสมของ mRNA ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ high affinity sulfate transporter และ APS reductase เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีกรดอะมิโนและโปรตีนที่มีซัลเฟตเป็นองค์ประกอบเพิ่มมากขึ้น ขณะที่การขาด N จะส่งผลให้มีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับปฏิกริยาแอสสิมิเลชันของซัลเฟตลดลง (Kopriva and Rennenberg, 2004) ส่วนผลของระดับของ S ที่ให้กับกระเทียมต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในกระเทียมพบว่าระดับของ S ที่ให้ไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นของ N ในเนื้อเยื่อกระเทียม (รูปที่ 4.7) แต่ส่งผลต่อความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.8) โดยที่การให้ S ที่ระดับ 25 mg/l ส่งผลให้มีความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมต่ำกว่าการให้ S ที่ระดับ 100 175 และ 250 mg/l ส่วนการให้ S ที่ระดับ 325 mg/l ให้ผลไม่แตกต่างจากทั้งสองกลุ่มทั้งนี้การให้ S ที่ระดับ 25 mg/l พืชจะได้รับ S ที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตใน

ปริมาณน้อยจึงพบว่ากระเทียมที่ได้รับ S ที่ระดับ 25 mg/l ให้ผลผลิตต่ำกว่ากระเทียมที่ได้รับ S ที่ระดับ 100 175 และ 250 mg/l (ตารางที่ 4.1) แต่เมื่อให้ S สูงกว่าที่ระดับ 100 mg/l การให้ S เพิ่มขึ้นกลับพบว่ามีแนวโน้มที่จะทำให้มีความเข้มข้นของ S ในกระเทียมลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการให้ S มากเกินไปจะทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ APS reductase ลดลง ซึ่งจะส่งผลย้อนกลับไปยับยั้งการทำงานของปฏิกริยาแอสสิมิเลชันของซัลเฟต (Brunold and Schmidt, 1978) และ Haneklaus และคณะ (2006) ยังพบว่าปริมาณ S ในดินที่สูงเกินไปจะทำให้มีการ uptake โบรอนและโมลิบดินัมลดลง ซึ่งโมลิบดินัมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ Nitrate reductase ดังนั้นการให้ S สูงเกินไปจึงอาจทำให้มีการนำ N ไปใช้ประโยชน์ลดลง และส่งผลให้กระเทียมมีความต้องการ S ลดลงด้วย อีกทั้งจากการทดลองยังพบว่าการให้ S เพิ่มขึ้นในระดับที่เหมาะสมมีผลทำให้ขนาดของหัวและผลผลิตกระเทียมเพิ่มขึ้น จึงเป็นไปได้ว่าขนาดของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นไปมีผลทำให้ความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมลดลงได้

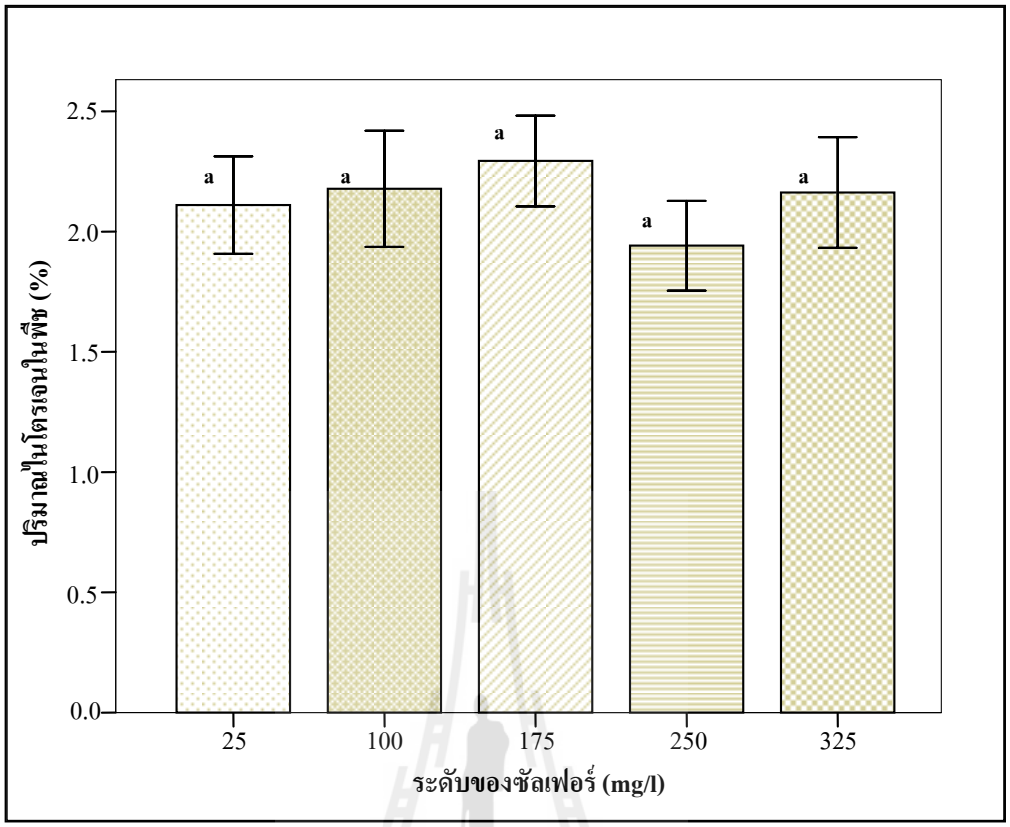


รูปที่ 4.5 ปริมาณไนโตรเจนในกระเทียมที่ได้รับไนโตรเจนในระดับที่ต่างกัน โดยที่ Error bars = 2SE และอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT



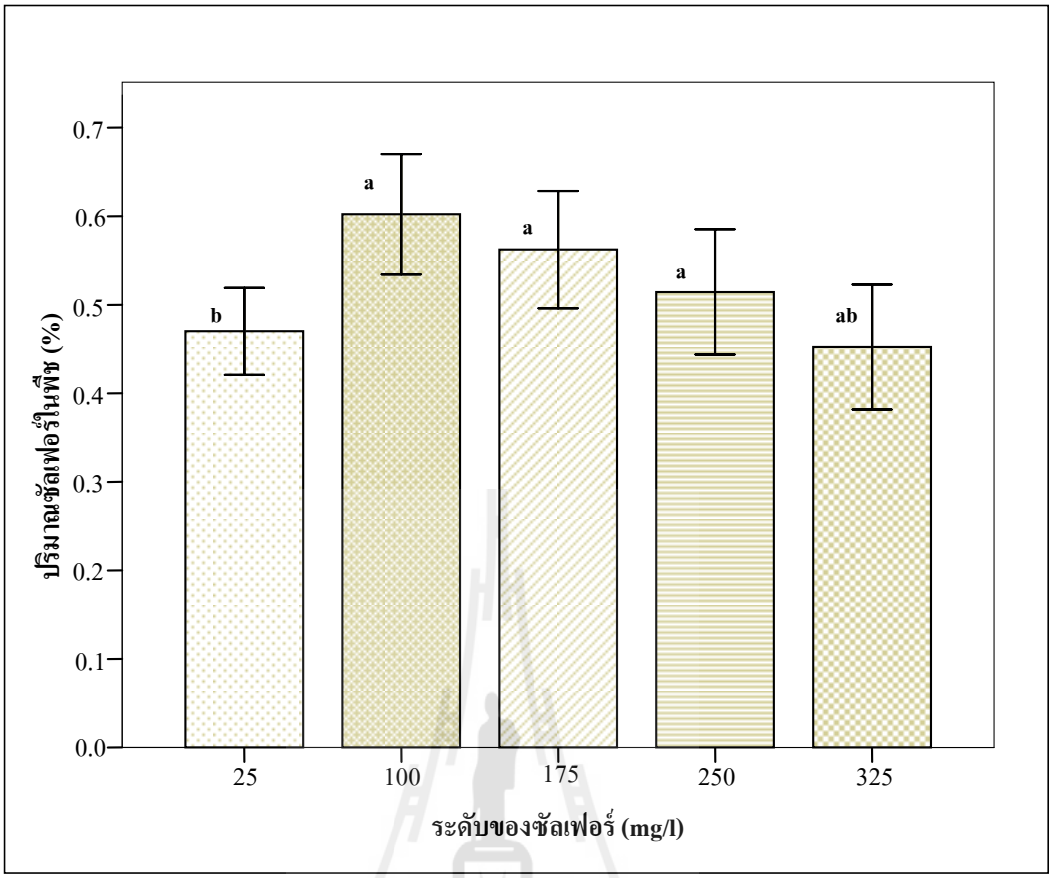
รูปที่ 4.6 ปริมาณซัลเฟอร์ในกระเทียมที่ได้รับไนโตรเจนในระดับที่ต่างกัน โดยที่ Error bars = 2SE และอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.7 ปริมาณไนโตรเจนในกระเทียมที่ได้รับซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกัน โดยที่ Error bars = 2SE และอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.8 ปริมาณซัลเฟอร์ในกระเทียมที่ได้รับซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกัน โดยที่ Error bars = 2SE และอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

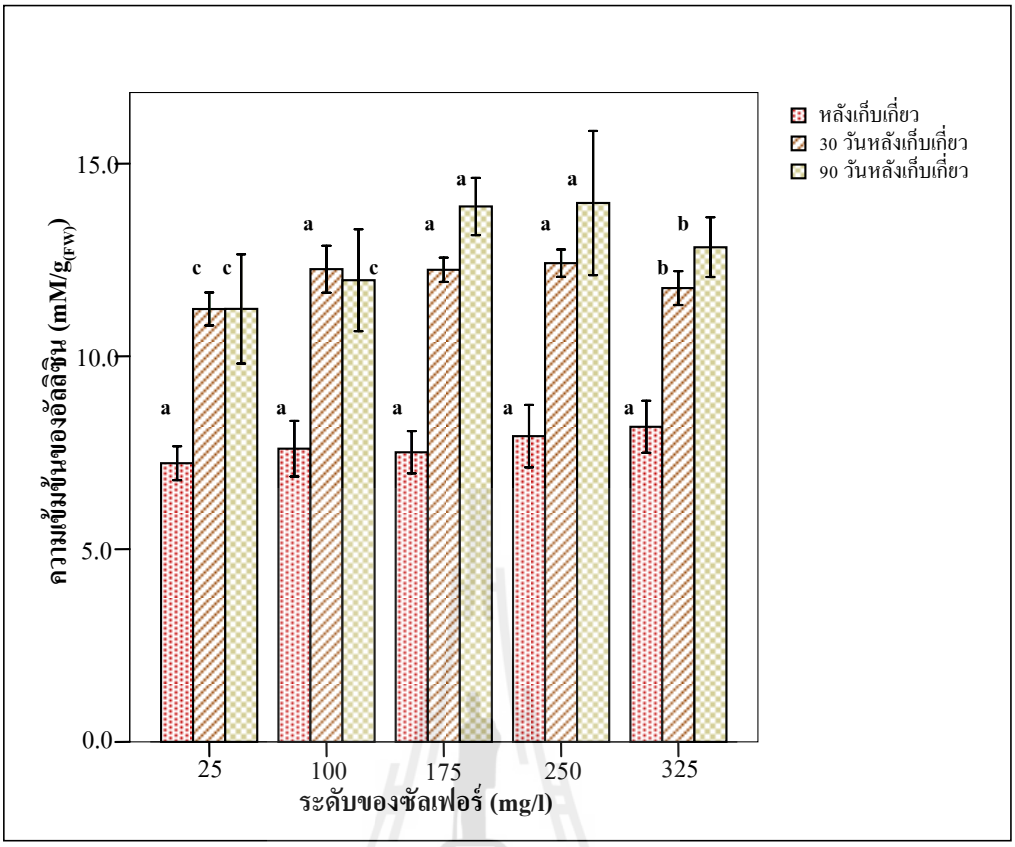
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.3 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษ

และสำหรับผลของ N และ S ต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม พบว่าความเข้มข้นของอัลลิ-ซินที่ได้จากการวิเคราะห์ทันทีหลังการเก็บเกี่ยวกระเทียมที่ได้รับ N และ S ในระดับที่แตกต่างกันให้ผลไม่ต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่กระเทียมที่ได้หลังการเก็บเกี่ยวยังมีปริมาณน้ำอยู่มาก อีกทั้งเนื้อเยื่อส่วนเปลือกที่ห่อหุ้มกลีบกระเทียมซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณอัลลิซินก็ยังสดอยู่ จึงเป็นไปได้ว่าจะมีอัลลิอินบางส่วนที่ยังไม่ถูกเคลื่อนย้ายไปเก็บไว้ในเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นกลีบกระเทียม จึงทำให้ปริมาณอัลลิซินที่ได้มีค่าค่อนข้างต่ำและในแต่ละทรีต-เมนต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สำหรับปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บเกี่ยวแล้ว 30 และ 90 วัน ซึ่งแห้งดีแล้ว พบว่าการให้ S ที่ระดับ 100 175 และ 250 mg/l มีแนวโน้มที่จะให้อัลลิซินที่มีความเข้มข้นสูงกว่าการให้ S ที่ระดับ 325 และ 25 mg/l อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4.9) ซึ่งก็

สอดคล้องกับ Bloem และคณะ (2011) ที่พบว่าการให้ S เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการสะสมของสาร metabolite ที่มี S เป็นองค์ประกอบหลายชนิดในกระเทียมเพิ่มขึ้น ซึ่งสารเหล่านั้นรวมไปถึงอัลลิอินซึ่งเป็นสารตั้งต้นของอัลลิซินด้วย และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของ S ในกระเทียมในแต่ละทรีตเมนต์มาหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอัลลิซินโดยเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ พบว่าดัชนีสหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.56 (ตารางที่ 4.4) แสดงว่าความเข้มข้นของอัลลิซินมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลของระดับของ N ต่อความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียม พบว่าการให้ในโตรเจนที่ระดับ 360 mg/l มีแนวโน้มที่จะให้อัลลิซินที่มีความเข้มข้นสูงกว่าการให้ N ที่ระดับ 180 และ 540 mg/l (รูปที่ 4.10) ความเข้มข้นของ N และอัล- ลิซินในเนื้อเยื่อกระเทียมมีค่าดัชนีสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.07 (ตารางที่ 4.4) แสดงว่าความเข้มข้นของ N ในเนื้อเยื่อกระเทียมไม่มีความสำพันธ์กับความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียม และพบว่าปฏิกิริยาระหว่าง N กับ S ส่งผลต่อความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมที่ 30 วันหลังการเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 5) โดยการให้ N ที่ระดับ 360 mg/l ให้ความเข้มข้นของอัลลิซินสูงที่สุดที่ทุกระดับของ S ที่ให้ โดยที่การให้ S ที่ระดับ 100 mg/l ให้อัลลิซินสูงที่สุดที่ 13.46 $mM/g_{(Fw)}$ ส่วนการให้ N ที่ระดับ 540 mg/l พบว่าเมื่อให้ S ที่ระดับ 250 mg/l จะให้ อัลลิซินสูงสุดที่ 12.54 mg/l (ตารางที่ 4.5)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



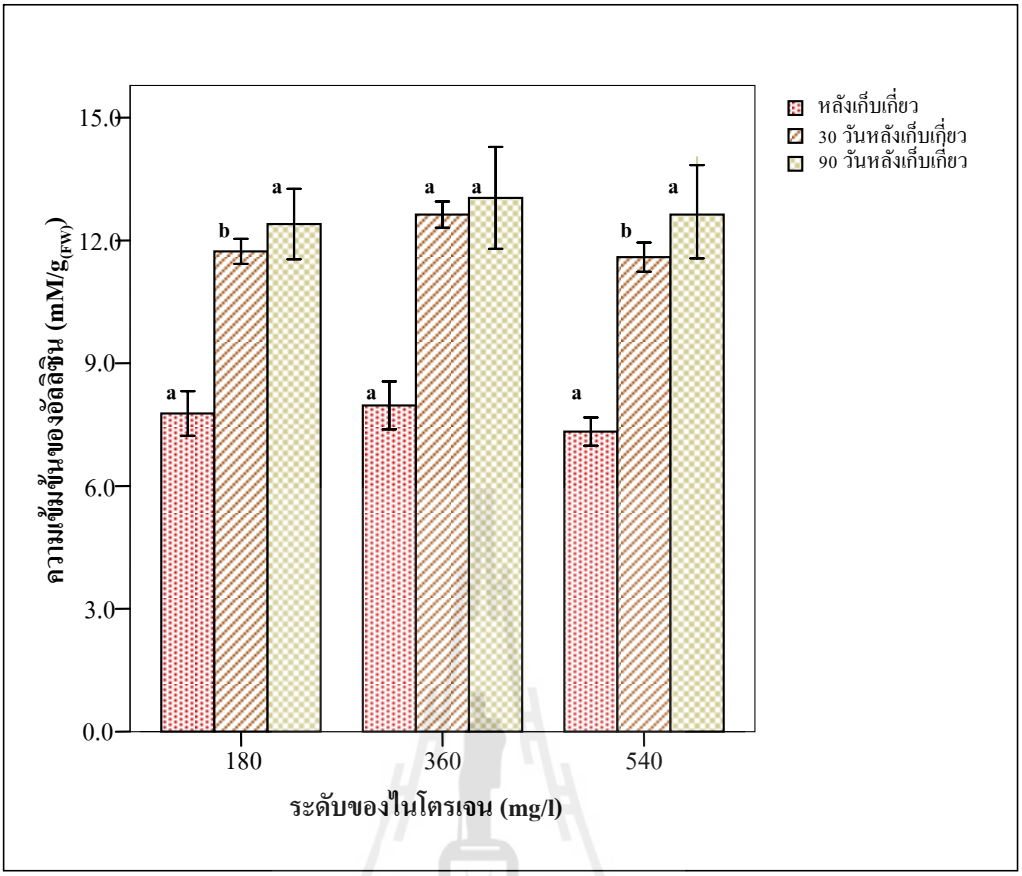
รูปที่ 4.9 ปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่ได้รับซัลเฟอร์ในระดับที่แตกต่างกันหลังการเก็บเกี่ยวที่ 0 30 และ 90 วัน โดยที่ Error bars = 2SE และอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอัลลิซินในกลีบกระเทียม และความ

เข้มข้นของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในเนื้อเยื่อกระเทียมทั้งต้น

ทรีตเมนต์	ความเข้มข้นของสารในเนื้อเยื่อกระเทียม		
	อัลลิซิน ($mM/g_{(Fw)}$)	ซัลเฟอร์ ($mg/g_{(Dw)}$)	ไนโตรเจน ($mg/g_{(Dw)}$)
N1S1	11.23	0.41	1.81
N1S2	11.98	0.58	1.96
N1S3	12.37	0.49	2.07
N1S4	11.95	0.49	1.76
N1S5	11.12	0.39	1.79
N2S1	11.96	0.50	2.21
N2S2	13.46	0.68	2.15
N2S3	12.60	0.59	2.31
N2S4	12.76	0.62	2.28
N2S5	12.37	0.49	2.50
N3S1	10.49	0.50	2.31
N3S2	11.34	0.55	2.42
N3S3	11.76	0.61	2.50
N3S4	12.54	0.43	1.78
N3S5	11.82	0.47	2.20
R	**1.000**	**0.563***	**0.065ns**

เมื่อ N1 N2 และ N3 คือการให้ไนโตรเจนที่ระดับ 180 360 และ 540 mg/l ตามลำดับ และ S1 S2 S3 S4 และ S5 คือการให้ซัลเฟอร์ที่ระดับ 25 100 175 250 และ 325 ตามลำดับ โดยที่ ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและ * = มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05



รูปที่ 4.10 ปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่ได้รับไนโตรเจนในระดับที่แตกต่างกันหลังการเก็บเกี่ยวที่ 0 30 และ 90 วัน โดยที่ Error bars = 2SE และอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

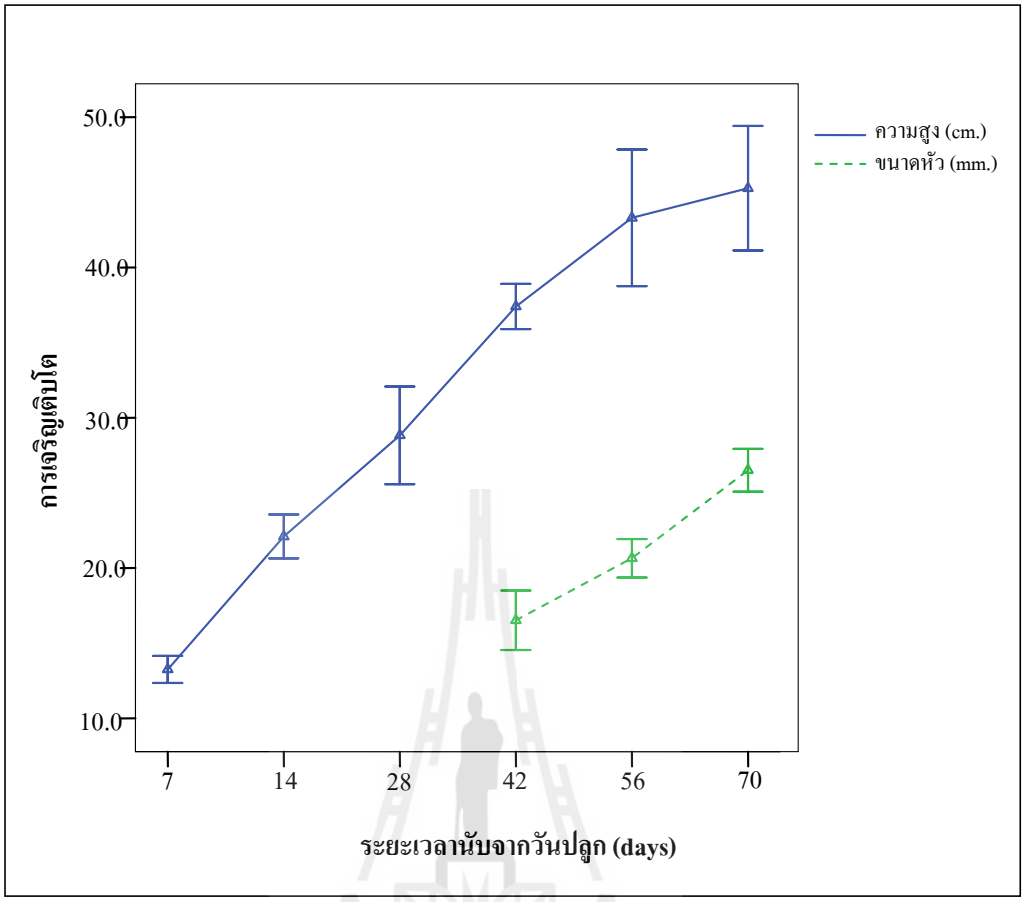
ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่ได้รับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในระดับที่ต่างกันที่ 30 วันหลังเก็บเกี่ยว

ความเข้มข้นขอลอัลลิซิน ($mM/g_{(Fw)}$)						
ระดับของไนโตรเจน (mg/l)	**ระดับของซัลเฟอร์ (mg/l)**					
	25	**100**	**175**	**250**	**325**	**เฉลี่ย**
180	11.23	11.98	12.37	11.95	11.12	11.73
360	11.96	13.46	12.60	12.76	12.37	12.63
540	10.49	11.34	11.76	12.54	11.82	11.59
เฉลี่ย	11.23	11.42	12.24	12.42	11.77	11.98

4.2 การทดลองที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมระหว่างการเจริญเติบโตและปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างกัน

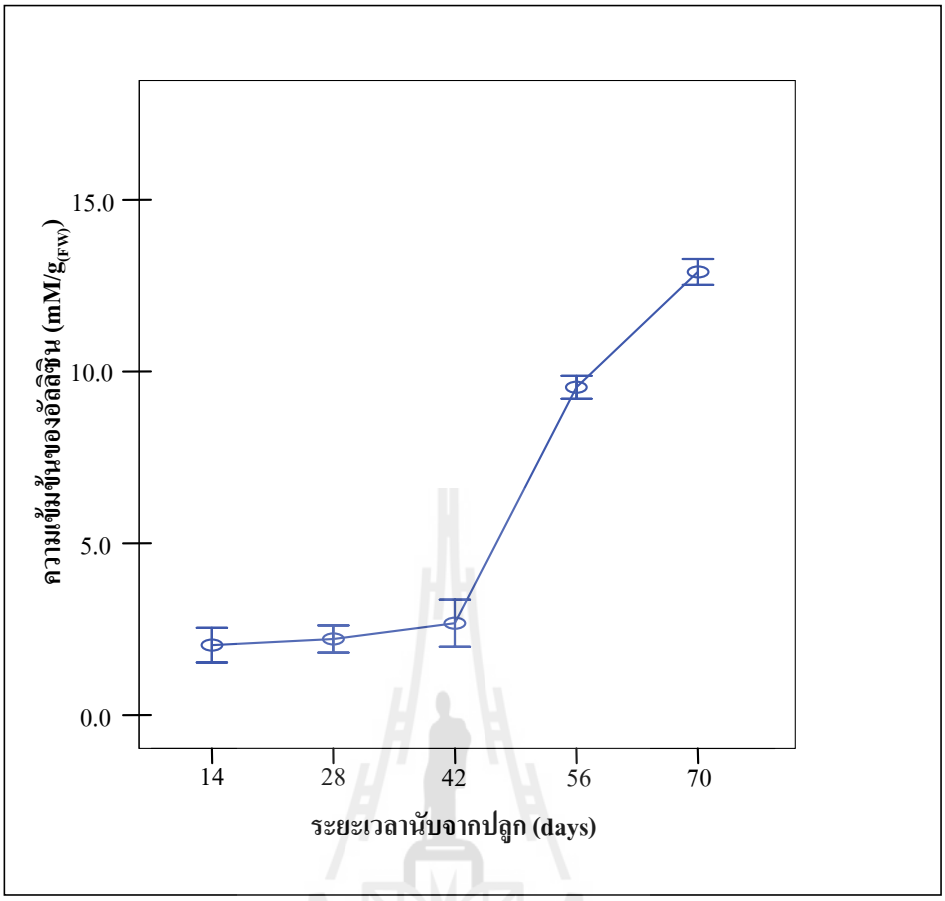
จากการทดลองพบว่ากระเทียมมีการเจริญเติบโตช้ามากในช่วงแรกของการปลูก จากนั้นเมื่อเกิดการพัฒนาของใบขึ้นมาความสูงของกระเทียมจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พบว่ากระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษเริ่มมีการสร้างหัวขึ้นมาใหม่ในช่วงประมาณ 42 วันหลังการปลูก จากนั้นหัวกระเทียมจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจนถึงช่วงระยะก่อนเก็บเกี่ยว โดยที่ความสูงของกระเทียมก็จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวเช่นเดียวกัน ก่อนที่การเจริญเติบโตทางด้านความสูงจะลดลงในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว (รูปที่ 4.11) โดยที่ความเข้มข้นของอัลลิซินในหัวกระเทียมในช่วงแรกของการเจริญเติบโตค่อนข้างต่ำมาก แต่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อมีการพัฒนาของหัวที่ประมาณ 42 วันหลังการปลูกไปจนถึงช่วงระยะก่อนเก็บเกี่ยว (รูปที่ 4.12) ซึ่งก็สอดคล้องกับ Bloem และคณะ (2004) ที่พบว่าการเจริญเติบโตของกระเทียมแบ่งได้เป็น 4 ระยะ โดยในช่วงแรกเมื่อกระเทียมเริ่มงอกจะมีการเจริญเติบโตเพิ่มน้ำหนักแห้งน้อยมาก ในระยะนี้จะใช้อาหารที่อยู่ภายในกลีบของกระเทียมต้นเดิมออกไป ในระยะที่สองจะมีการเจริญเติบโตของรากและใบอย่างรวดเร็ว มีความเข้มข้นของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ คาร์บอน โปรตีนและอัลลิอินในใบและรากเกือบถึงจุดสูงสุด โดยในระยะนี้จะมีความเข้มข้นของอัลลิอินในรากสูงที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนอื่น ๆ ของต้น ในระยะที่สามจะเริ่มมีการพัฒนาของหัว ในระยะนี้ปริมาณไนโตรเจน ซัลเฟอร์ คาร์บอน โปรตีนและอัลลิ-อินในรากและใบจะลดลง พร้อมกับการแก่ของรากและตายไปในช่วงท้ายของระยะนี้ แต่ความเข้มข้นของสารเหล่านี้จะเพิ่มสูงขึ้นในส่วนหัว และในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโตเมื่อหัวกระเทียมเริ่มแก่ ส่วนเหนือดินของกระเทียมจะค่อย ๆ สูญเสียน้ำและตายไปในที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



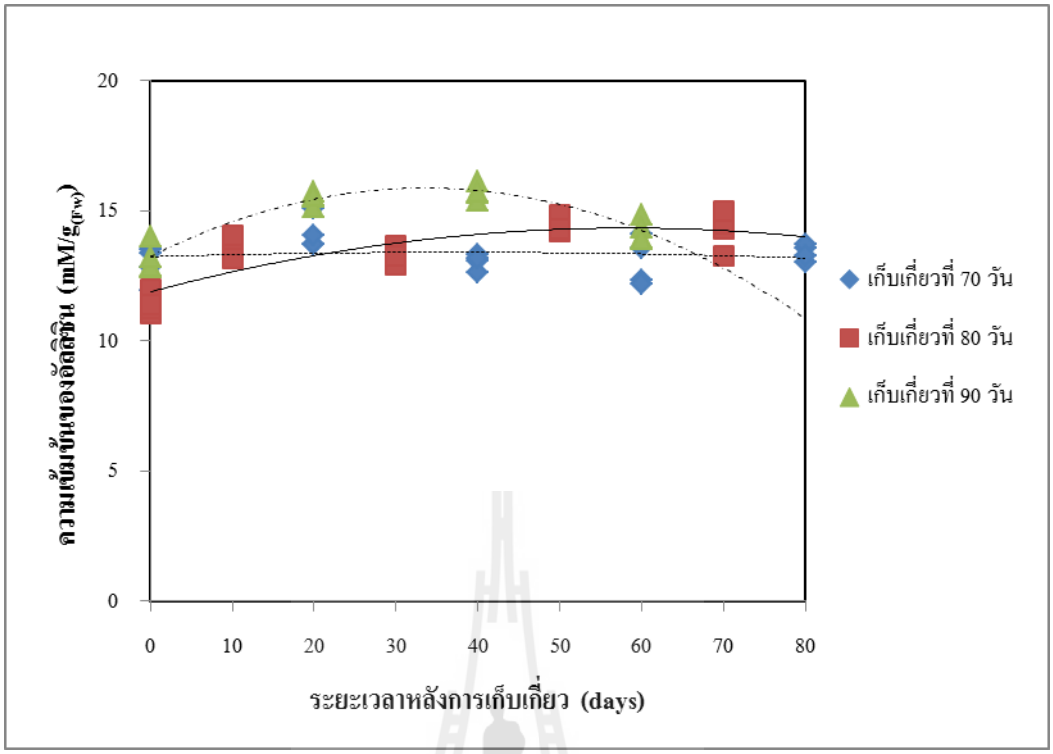
รูปที่ 4.11 การเจริญเติบโตด้านความสูงและขนาดหัวของกระเทียมในแปลงปลูก เมื่อ error bar = 2SE

สำหรับผลของระยะเก็บเกี่ยวต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม พบว่ากระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 90 วันมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตที่มีปริมาณอัลลิซินสูงกว่ากระเทียมที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 70 และ 80 วัน (รูปที่ 4.13) ทั้งนี้เนื่องจากการที่เก็บเกี่ยวเมื่อกระเทียมมีอายุ 70 และ 80 วันกระเทียมยังมีส่วนเหนือดินบางส่วนที่ยังเขียวอยู่ยังมีปริมาณอัลลิอินอยู่ในส่วนเหนือดินเหลืออยู่มาก จึงไม่สามารถที่จะดึงอัลลิอินที่อยู่ในส่วนเหนือดินเหล่านั้นเข้าไปสะสมไว้ที่ส่วนหัวของกระเทียมได้ทั้งหมด ขณะที่การเก็บเกี่ยวเมื่อกระเทียมมีอายุ 90 วันส่วนเหนือดินของกระเทียมจะแห้งและตายหมดแล้วก่อนการเก็บเกี่ยว จึงสามารถดึงเอาสารอาหารและอัลลิอินจากส่วนที่อยู่เหนือดินเข้าไปเก็บไว้ในส่วนหัวได้อย่างเต็มที่ จึงพบว่าความเข้มข้นของอัลลิซินในหัวกระเทียมที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 90 วันสูงกว่าความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 70 และ 80 วัน



รูปที่ 4.12 ความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษระหว่างการเจริญเติบโต เมื่อ error bar = 2SE

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

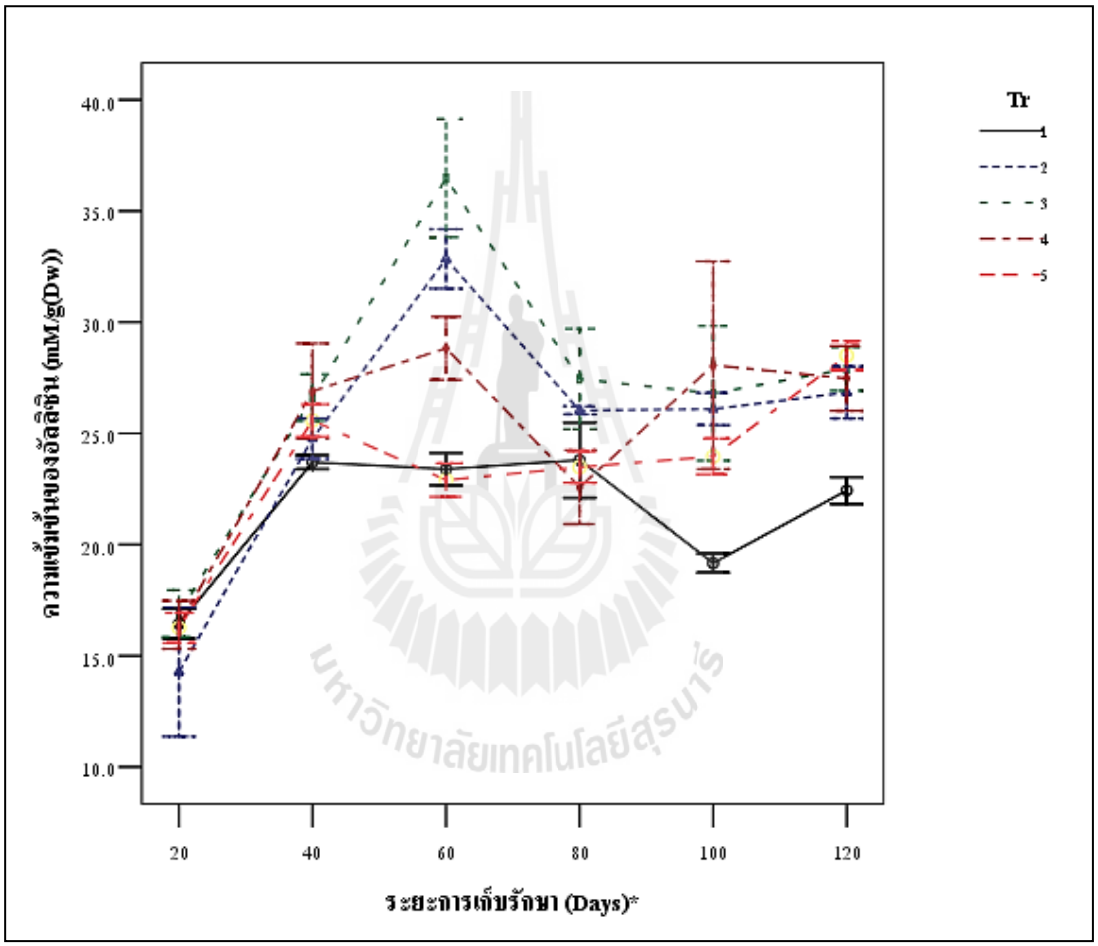


รูปที่ 4.13 ความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุแตกต่างกัน ระหว่างการเก็บรักษา เมื่อ error bar = 2SE

4.3 การทดลองที่ 3 ผลของสภาพการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินใน กระเทียม

จากการทดลองนำกระเทียมที่เก็บเกี่ยวแล้ว 20 วันไปเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่างกัน โดยกระเทียมที่เก็บรักษาในชุดควบคุมได้รับสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.8 °C (สูงสุด 34.8 °C, ต่ำสุด 24.3 °C) และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 69.5% (สูงสุด 87.5%, ต่ำสุด 48.5%) พบว่าความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมระหว่างการเก็บรักษามีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นในทุกทรีตเมนต์ โดยในช่วง 0 20 และ 40 วันของการเก็บรักษาความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกัน แต่ภายหลังการเก็บรักษากระเทียมที่ 60 วันขึ้นไป พบว่าสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษามีผลต่อความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (รูปที่ 4.14) โดยที่ในทรีตเมนต์ที่ 2 และ 3 มีผลทำให้ความเข้มข้นของอัลลิซินสูงสุดในช่วงระหว่าง 40-80 วันหลังการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.6) ก่อนจะลดลงมาเล็กน้อยในช่วงเวลาต่อมา ส่วนในทรีตเมนต์ที่ 4 และ 5 พบว่าการเก็บรักษาในช่วง 80 วันแรกให้ผลไม่ต่างจากชุดควบคุม (ทรีตเมนต์ที่ 1) แต่หลังการเก็บรักษาที่ 100 และ 120 วันจึงพบว่าความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมในทั้งสองทรีตเมนต์สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับ Ichikawa และ

คณะ (2006) ที่พบว่าการเก็บรักษากระเทียมในสภาพอุณหภูมิต่ำสามารถกระตุ้นให้มีปริมาณอัลลิซินเพิ่มขึ้นได้ สำหรับการเก็บกระเทียมไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วันให้หมดสภาพการพักตัวก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำในทรีตเมนต์ที่ 6 และ 7 พบว่าในทรีตเมนต์ที่ 7 ความเข้มข้นของอัลลิซินสูงขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังจากนำไปเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิ 4-6 °C และมีความชื้นสูง (รูปที่ 4.15) ส่วนในทรีตเมนต์ที่ 6 ที่นำไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิเดียวกันแต่มีความชื้นต่ำกว่าพบว่าความเข้มข้นของอัลลิซินจะค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น



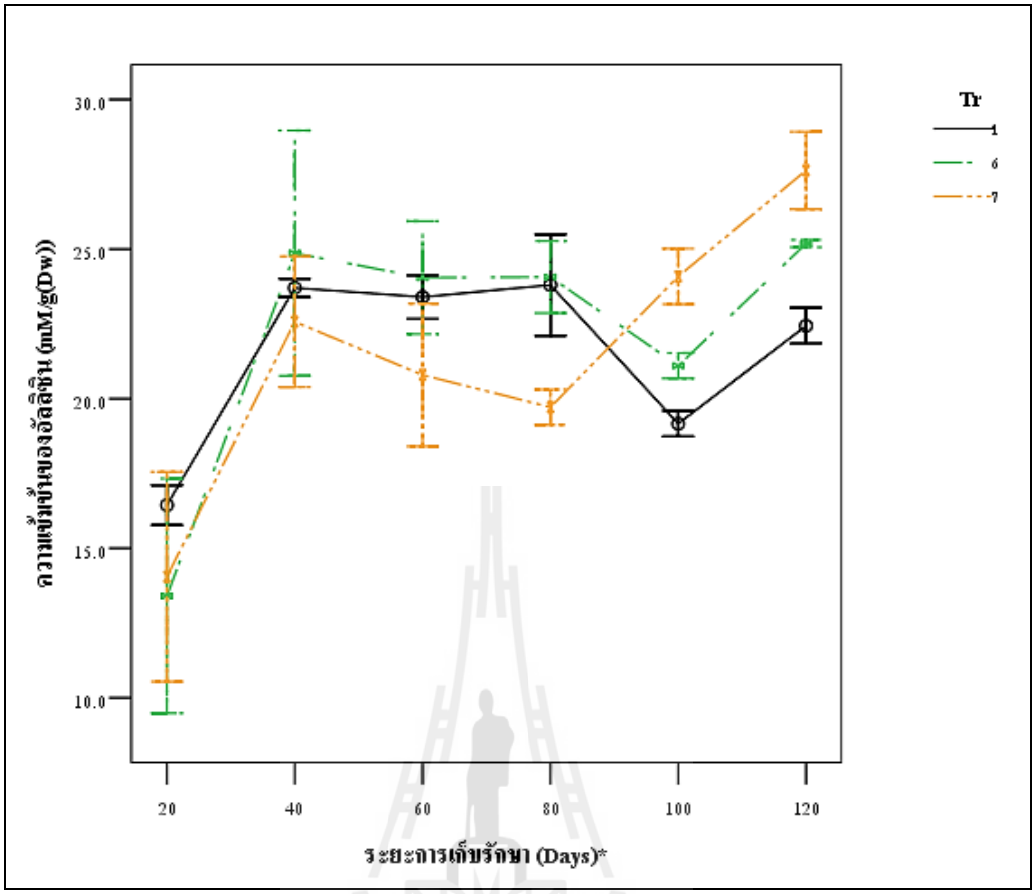
รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ เป็นเวลา 120 วัน โดยที่ * = เริ่มทำการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวที่ 20 วัน และ error bar = 2SE

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ

สภาพการเก็บรักษา	ระยะการเก็บรักษา (days)*			
	60	**80**	**100**	**120**
1) อุณหภูมิห้อง	23.40(d,e)	23.80(c)	19.16(d)	22.43(d)
2) อุณหภูมิ 4-6^{0}C, 60-70%RH	32.85(b)	26.03(a,b)	26.09(a,b)	26.84(b)
3) อุณหภูมิ 4-6^{0}C, 80-90%RH	36.47(a)	27.45(a)	26.80(a,b)	27.90(a,b)
4) อุณหภูมิ 8-10^{0}C, 60-70%RH	28.83(c)	22.58(c)	28.07(a)	27.48(a,b)
5) อุณหภูมิ 8-10^{0}C, 80-90%RH	22.90(d,e)	23.48(c)	23.96(b,c)	28.50(a)
6) ย้ายไปที่อุณหภูมิ 4-6^{0}C, 60-70%RH**	24.05(d)	24.07(c)	21.10(d)	25.18(c)
7) ย้ายไปที่อุณหภูมิ 4-6^{0}C, 80-90%RH**	20.79(e)	19.71(d)	24.08(b,c)	27.63(a,b)

โดยที่ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT, * = เริ่มทำการเก็บรักษาเมื่อเก็บเกี่ยวเก็บเกี่ยวแล้ว 20 วัน, ** = ปล่อยกระเทียมทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 90 วันก่อนย้ายไปเก็บรักษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน ก่อนย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อ * = เริ่มทำการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวที่ 20 วัน และ error bar = 2SE

ภายหลังการเก็บรักษากระเทียมไว้เป็นเวลา 120 วันพบว่าความเข้มข้นของอัลลิซินเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ย 11.18 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นของอัลลิซินในช่วงเริ่มต้น โดยที่การเพิ่มขึ้นของอัล-ลิซินในทรีตเมนต์ที่ 2 3 4 5 6 และ 7 สูงกว่าการเพิ่มขึ้นของอัลลิซินในชุดควบคุม 110 83 85 104 97 และ 127 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่อัตราการสูญเสียน้ำหนักของกระเทียมในแต่ละทรีตเมนต์ที่ 120 วันอยู่ที่ประมาณ 6 เปอร์เซนต์เท่านั้น ดังนั้นความเข้มข้นของอัลลิซินที่เพิ่มขึ้นจึงไม่น่าจะมาจากการสูญเสียน้ำเพียงอย่างเดียว ซึ่ง Bloem และคณะ (2011) ก็พบว่าปริมาณอัลลิซินที่เพิ่มขึ้นหลังจากการเก็บรักษาส่วนใหญ่ได้มาจากกระบวนการเมเทบลิซึม โดยที่ Li และคณะ (2008) พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ γ-Glutamyl transpeptidase (GTP) ซึ่งเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์อัลลิอินเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Rose et al., 2005) อีกทั้ง Lancaster and Shaw (1991) ยังพบว่าระหว่างกระบวนการงอก (sprouting) กิจกรรมของเอนไซม์

GTP เพิ่มสูงขึ้นกว่า 5 เท่าตัว จึงเป็นไปได้ว่าปริมาณอัลลิซินในกระเทียมจะมีความสัมพันธ์กับกระบวนการงอก ขณะที่พบว่าในช่วงแรกของการเก็บรักษาซึ่งเป็นช่วงที่กระเทียมอยู่ในระยะพักตัวกิจกรรมของเอนไซม์ GTP จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Ceci et al., 1992; Hughes et al., 2006) จึงพบว่าในช่วงแรกของการเก็บรักษาปริมาณอัลลิซินในแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกัน แต่หลังจากนั้นเมื่อหมดระยะพักตัวเอนไซม์ GTP ถูกกระตุ้นให้มีกิจกรรมสูงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ จึงพบว่าในทรีตเมนต์ที่ 2 และ 3 มีความเข้มข้นของอัลลิซินเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และพบว่าการนำกระเทียมที่หมดระยะพักตัวแล้วไปเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำจะสามารถกระตุ้นให้มีปริมาณอัล- ลิซินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่ในสภาวะที่มีความชื้นสูงให้ผลดีกว่าในสภาวะที่มีความชื้นต่ำเล็กน้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณอัลลิซินในกระเทียม

1) การให้ N สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตของกระเทียมสูงขึ้นและมีความเข้มข้นของ N ในเนื้อเยื่อกระเทียมสูงขึ้น

2) การให้ N ที่ระดับ 360 mg/l ทำให้มีความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมสูงสุดและมีความเข้มข้นของอัลลิซินสูงที่สุด

3) การให้ S ที่ระดับ 100 175 และ 250 mg/l ส่งผลให้ได้ผลผลิตสูงสุด มีความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมสูงสุดและมีความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมสูงสุด

4) ความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียม แต่ปริมาณ S ที่ให้กับกระเทียมไม่ได้สอดคล้องกับความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมเสมอไป

5) ระดับของ N ที่ให้ส่งผลต่อความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียม โดยที่ระดับ 360 mg/l ให้ปริมาณอัลลิซินสูงที่สุด

การทดลองที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอัลลิซินในกระเทียมระหว่างการเจริญเติบโตและปริมาณ

อัลลิซินในกระเทียมที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุต่างกัน

1) กระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษมีการพัฒนาของหัวและเริ่มสะสมอัลลิซินในหัวในช่วงประมาณ 42 วันหลังการปลูก

2) กระเทียมพันธุ์ศรีสะเกษที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 90 วันจะสามารถดึงเอาสารอาหารและอัล-ลิอินจากส่วนเหนือดินเข้ามาเก็บสะสมในส่วนหัวได้มากกว่ากระเทียมที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 70 และ 80 วัน จึงพบว่ากระเทียมที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 90 วันมีความเข้มข้นของอัลลิซินสูงกว่ากระเทียมที่เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุ 70 และ 80 วัน

การทดลองที่ 3 ผลของสภาพการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงอัลลิซินในกระเทียม

1) ความเข้มข้นของอัลลิซินในกระเทียมหลังการเก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสภาพการเก็บรักษา โดยที่การเพิ่มขึ้นของอัลลิซินส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากเมแทบอลิซึมภายในหัวกระเทียม

2) การเก็บรักษากระเทียมในสภาพอุณหภูมิต่ำทำให้มีปริมาณอัลลิซินเพิ่มขึ้นได้ โดยที่อุณหภูมิ 4 °C ให้ผลดีกว่าที่อุณหภูมิ 10 °C และในสภาพที่มีความชื้นสูงให้ผลดีกว่าในสภาพที่มีความชื้นต่ำ

3) การให้กระเทียมหมดสภาพการพักตัวก่อนนำไปเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำช่วยย่นระยะเวลาในห้องเย็นที่ใช้ทำให้อัลลิซินเพิ่มขึ้นได้

4) การเก็บรักษากระเทียมที่อุณหภูมิ 4-6 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% ทำให้มีปริมาณอัลลิ-ซินในกระเทียมสูงที่สุด

ข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1

1) สำหรับการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัลลิซินหลังการเก็บเกี่ยวไม่ได้ทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัลลิซินในส่วนของเปลือกที่หุ้มอยู่กับหัวและกลีบกระเทียม ซึ่งขณะนั้นยังสดอยู่ หากสามารถทำได้จะเป็นการยืนยันว่าในขณะที่เปลือกหุ้มกลีบกระเทียมยังไม่แห้งยังมีปริมาณอัลลิอินบางส่วนที่ยังไม่ถูกเคลื่อนย้ายไปเก็บในเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นกลีบกระเทียมจริงหรือไม่

2) ความถี่ของการให้ปุ๋ยน่าจะมีผลต่อการนำธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ จึงควรมีการศึกษาในส่วนนี้ด้วย

3) ความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารของวัสดุปลูกก็น่าจะส่งผลต่อการทดลอง ในเบื้องต้นได้ทดลองนำทรายมาใช้เป็นวัสดุปลูก เพื่อลดผลจากความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารของวัสดุปลูก แต่พบว่ากระเทียมไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงเปลี่ยนมาใช้วัสดุผสมเป็นวัสดุปลูกแทน ดังนั้นถ้ามีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุปลูกก่อนและหลังการทดลองน่าจะช่วยยืนยันผลการทดลองนี้ให้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

4) ควรมีการเก็บน้ำหนักกระเทียมแยกเป็นซ้ำ ๆ เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ทางสถิติได้ และเนื่องจากกระเทียมแต่ละหัวมีน้ำหนักค่อนข้างน้อยและมีความแตกต่างของน้ำหนักค่อนข้างสูง ดังนั้นแต่ละซ้ำควรใช้กระเทียม 3-5 หัว หรือเก็บข้อมูลให้มีซ้ำจำนวนมาก

5) หากมีการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ APS reductase เมื่อมีการให้ N ในระดับที่แตกต่างกันจะเป็นการทดสอบได้ว่าระดับของ N ที่ให้มีผลต่อความเข้มข้นของ S ในเนื้อเยื่อกระเทียมผ่านกิจกรรมของเอนไซม์ APS reductase ได้จริงหรือไม่

6) ในการทดลองนี้พบว่าผลผลิตกระเทียมที่ได้มีขนาดค่อนข้างเล็กเมื่อเทียบกับขนาดของหัวกระเทียมพันธ์ศรีสะเกษโดยทั่วไป ดังนั้นจึงอาจจะส่งผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารและอัลลิซินในกระเทียม จึงอาจไม่สามารถนำความเข้มข้นของธาตุอาหารและอัลลิซินจากการทดลองนี้ไปเปรียบเทียบกับกระเทียมที่มีผลผลิตในขนาดปกติได้ แต่อย่างไรก็ตามขนาดของกระเทียมในแต่

ละทรีตเมนต์ที่ทดลองก็ค่อนข้างไกล้เคียงกัน จึงสามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ภายในการทดลองนี้ได้

7) การทดลองนี้ใช้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรทเท่านั้น แต่ถ้าใช้ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมซึ่งไม่มีการแข่งขันการ uptake กับซัลเฟตอาจให้ผลการทดลองที่แตกต่างไปจากนี้

การทดลองที่ 2

ถ้าสามารถแยกวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัลลิซินในเนื้อเยื่อแต่ละชนิดของกระเทียมในแต่ละระยะการเจริญเติบโตได้ จะทำให้สามารถเห็นแนวโน้มของการปันส่วน (assimilation) และการเคลื่อนย้ายของอัลลิอินในระหว่างการเจริญเติบโตของกระเทียมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น แต่การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัลลิซินโดยวิธีการของ Miron และคณะ (2002) ซึ่งอาศัยหลักการที่ว่าอัลลิซินจะทำปฏิกริยากับสารละลาย 4-MP ซึ่งเป็นสารที่สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 324 nm เกิดเป็นสารชนิดใหม่ที่ไม่ดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นดังกล่าว แล้วคำนวณหาความเข้มข้นของอัลลิซินจากการดูดกลืนแสงของ 4-MP ที่ลดลง และเนื่องจากในเนื้อเยื่อส่วนใบและรากมีสารสี (pigment) และสิ่งเจือปนบางอย่างที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วง 324 nm ได้จึงมีผลต่อการค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ จึงไม่สามารถใช้วิธีการดังกล่าวในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัล-ลิซินในเนื้อเยื่อส่วนใบและรากได้

การทดลองที่ 3

หากสามารถวิเคราะห์ปริมาณกิจกรรมของเอนไซม์ γ-glutamyl transpeptidase ในแต่ละระยะการเก็บรักษาของแต่ละทรีตเมนต์เพิ่มเติมจากการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอัลลิซินเพียงอย่างเดียวจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2544). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพ: สานักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 730 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2553). **กระเทียม** [ออน-ไลน์]. ได้จาก: http://www.doae.go.th/plant/garlic.htm.

จิราภา จอมไธสงและธงชัย สถาพรวรศักดิ์. (2544). **คำแนะนำที่ 64 เรื่อง การปลูกกระเทียม.** กรมส่งเสริมการเกษตร. 18 หน้า.

ดิเรก ทองอร่าม. (2550). การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. กรุงเทพ: พิมพ์ดีการพิมพ์. 816 หน้า.

ประชาไท. (2551). **สำรวจสถานการณ์ 3 ปีหลังเอฟทีเอไทย– จีน** [ออน-ไลน์]. ได้จาก: http://www.measwatch.org/autopage.

ประเสริฐ ทองเจริญ. (2550). กระเทียม. **Buddhachinaraj Medical Journal**. 24(1): 88-92.

วิกิพีเดีย (1). (2555). **สารอาหารสำหรับพืช**. [ออน-ไลน์]. ได้จาก: http://th.wikipedia.org/wiki/สารอาหารสำหรับพืช

สรวงธิดา ลิปิมงคล(1). (2547). การวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช. **คู่มือมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืช**. โครงการจัดตั้งเครือข่ายวิเคราะห์ดินและพืช สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดินกรมพัฒนาที่ดิน.

สรวงธิดา ลิปิมงคล(2). (2547). การวิเคราะห์กำมะถันในพืช. **คู่มือมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืช.** โครงการจัดตั้งเครือข่ายวิเคราะห์ดินและพืช สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ ดินกรมพัฒนาที่ดิน.

สำนักข่าวแห่งชาติ. (2553). **ราคากระเทียมสูงที่สุดในรอบหลายสิบปี** [ออน-ไลน์]. ได้จาก: http://www.bsnnews.com/ContentDetail.asp?ContentID=19234.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2553). **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2552.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 106 หน้า.

Ankri, S. and Mirelman, D. (1999). Antimicrobial properties of allicin from garlic. **Microbes and Infection.** 1(2): 125-129.

Baghalian, K., Ziai, S.A., Naghavi, M.R., Naghdibadi, H.A. and Khalighi, A. (2005). Evaluation

of allicin content and botanical traits in Iranian garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. **Scientia Horticulturae**. 103: 155-166.

Bloem, E., Haneklaus, S. and Schnug, E. (2004). Influence of nitrogen and sulfur fertilization on the alliin content of onions and garlic. **Journal of Plant Nutrition**. 27: 1827–1839.

Bloem, E., Haneklaus, S. and Schnug, E. (2011). Storage life of field-grown garlic bulbs (allium sativum l.) as influenced by nitrogen and sulfur fertilization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 59: 4442-4447.

Block, E. (2010). **Garlic and other alliums: the lore and the science**. Royal Society of Chemistry, New York.454 pp.

Brunold, C. and Schmidt, A. (1978). Regulation of sulfate assimilation in plants. 7 Cysteine inactivation of adenosine 5′-phosphosulfate sulfotransferase in Lemna minor L. **Plant Physiology**. 61: 342–347.

Ceci, L.N., Curzio, O.A. and Pomilio, A.B. (1992). Effects of irradiation and storage on the γ-glutamyl transpeptidase activity of garlic bulbs cv 'red'. **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 59: 505-510.

Curtis H., Noll U., Stormann J. and Slusarenko A.J. (2004). Broad-spectrum activity of the volatile phytoanticipin allicin in extracts of garlic (*Allium sativum* L.) against plant pathogenic bacteria, fungi and oomycetes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. 65: 79-89.

Eagling, D. and Sterling, S. (2000). A cholesterol-lowering extract from garlic. **A report for the Rural Industries Research and Development Corporation**. Australia. 29 pp.

Farooqui M.A., Naruka, I.S., Rathore, S.S., Singh, P.P. and Shaktawat, R.P.S. (2009). Effect of nitrogen and sulphur levels on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). **Asian Journal of Food and Agro-Industry**. Special Issue: 18-23.

Department of Agriculture Forestry and Fisheries. (2012**). Production guidelines for Garlic.** [On-line]. Available : http://www.nda.agric.za/docs/Brochures/prodGuideGarlic.pdf.

Haneklaus, S., Bloem, E. and Schnug, E. (2006). Chapter 7. Sulfur. **Handbook of Plant Nutrition**.CRC Press.pp.183–238.

Hughes, J., Collin, H.A., Tregova, A., Tomsett, A.B., Cosstick, R. and Jones, M.G. (2006). Effect of low storage temperature on some of the flavour precursors in garlic (*Allium*

sativum). **Plant Foods for Human Nutrition**. 61:81-85.

Huchette, O., Arnault, I., Auger, J., Bellamy, C., Trueman, L., Thomas, B., Ochatt, S.J. and Kahane, R. (2007). Genotype, nitrogen fertility and sulphur availability interact to affect flavour in garlic (*Allium sativum L.*). **Journal of horticultural science &Biotechnology**. 82 (1) : 79-88.

Ichikawa, M., Ide,N.and Ono, K. (2006). Changes in organosulfur compounds in garlic cloves during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 54: 4849-4854.

Jones, M.G., Hughes, J., Tregova, A., Milne, J., Tomsett, A.B. and Collin, H.A. (2004). Biosynthesis of the flavour precursors of onion and garlic. **Journal of Experimental Botany.** 55: 1903–1918.

Jones, M.G., Collin, H.A., Tregova, A., Trueman, L., Brown, L., Cosstick, R., Hughes, J., Milne, J., Wilkinson, M.C., Tomsett, A.B. and Thomas, B. (2007). The biochemical and physiological genesis of alliin in garlic. **Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology.** 1(1): 21-24.

Kopriva, S. and Rennenberg, H. (2004). Control of sulphate assimilation and glutathione synthesis: interaction with N and C metabolism. **Journal of Experimental Botany**. 55(404):1831-1842.

Lam, H.M., Coschigano, K.T., Oliveira, I.C., Melo-Oliveira, R. and Coruzzi, G.M. (1996). The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. 47:569-593.

Lancaster, J.E. and Shaw, M.L. (1991). Metabolism of γ-glutamyl peptides during development, storage and sprouting of onion bulbs. **Phytochemistry**. 30: 2857-2859.

Li, L., Hu, D., Jiang, Y., Chen, F., Hu, X. and Zhao, G. (2008). Relationship between gamma-glutamyl transpeptidase activity and garlic greening, as controlled by temperature. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 56: 941-945.

Miron, T., Shin, I., Feigenblat, G., Weiner, L., Mirelman, D., Wilchek, M., and Rabinkov, A. (2002). A spectrophotometric assay for allicin, alliin, and alliinase (alliin lyase) with a chromogenic thiol: reaction of 4-mercaptopyridine with thiosulfinates. **Analytical Biochemistry.** 307: 76–83.

Nasim, S.A., Dhir, B., Kapoor, R., Fatima, S., Mahmooduzzafar and Mujib, A. (2010). Alliin

production in various tissues and organs of allium sativum grown under normal and sulphur-supplemented invitro conditions**. Plant cell tissue and organ culture**. 101(1): 59-63.

Obagwa, J. and Korsten, L. (2003). Control of citrus green and blue molds with garlic extracts. **European Journal of Plant Pathology**. 109: 221-225.

Portz, D., Koch, E. and Slusarenko, A.J. (2008). Effects of garlic (*Allium sativum*) juice containing allicin on *Phytophthora infestans* and downy mildew of cucumber caused by *Pseudoperonospora cubensis*. **European Journal of Plant Pathology**. 122: 197-206.

Prota4u, (2012). **Allium sativum L.** [On-line]. Available : http://www.prota4u.org/protav8.asp?fr=1&g=pe&p=Allium+sativum+L.

Rosen, C., Becker, R., Fritz, V., Hutchison, B., Percich, J., Tong, C. and Wright, J. (2008). **Growing garlic in Minnesota**. [On-line]. Available : http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/dc7317.html.

Rose, P., Whiteman, M., Mooreb, P.K. and Zhu, Y.Z. (2005). Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus Allium: the chemistry of potential therapeutic agents. **Natural Product Reports**. 22: 351-368.

Saito, K. (2000). Regulation of sulfate transport and synthesis of sulfur-containing amino acids**. Plant Biology**. 3: 188-195.

Slusarenko, A.J., Patel, A. and Portz, D. (2008). Control of plant diseases by natural products: allicin from garlic as a case study. **European Journal of Plant Pathology**. 121:313–322.

Wickert, E., Marcondes, J., Lemos, M.V. and Lemos, G.M. (2007). Nitrogen assimilation in Citrus based on CitEST data mining. **Genetics and Molecular Biology.** 30(3): 810-818

Wikipedia. (1) (2010). **Garlic**.[On-line]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Garlic.

Wikipedia (2). (2012). **Allicin** .[On-line]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Allicin.

Wikipedia (3). (2012). **Sulfur assimilation** .[On-line]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_assimilation.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองเรื่องผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระเทียมที่ 70 วันหลังปลูก

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Corrected Model	14	704.411	50.315	3.117	.000
N	2	103.678	51.839	3.211*	.043
S	4	84.856	21.214	1.314^{ns}	.267
N * S	8	515.878	64.485	3.995**	.000
Error	165	2663.500	16.142		
Corrected Total	179	3367.911			

เมื่อ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองเรื่องผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดของหัวกระเทียมที่ 70 วันหลังปลูก

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Corrected Model	14	355.867(a)	25.419	3.740	.000
N	2	18.633	9.317	1.371^{ns}	.257
S	4	141.811	35.453	5.217**	.001
N * S	8	195.422	24.428	3.594**	.001
Error	165	1121.333	6.796		
Corrected Total	179	1477.200			

เมื่อ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อกระเทียมทั้งต้นที่ 75 วันหลังปลูก

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Corrected Model	14	2.919(a)	.208	3.718	.001
N	2	1.548	.774	13.800**	.000
S	4	.593	.148	2.642ns	.053
N * S	8	.779	.097	1.735ns	.131
Error	30	1.682	.056		
Total	44	4.601			

เมื่อ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณซัลเฟอร์ในเนื้อเยื่อกระเทียมทั้งต้นที่ 75 วันหลังปลูก

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Corrected Model	14	.285(a)	.020	2.531	.016
N	2	.084	.042	5.237*	.011
S	4	.141	.035	4.385**	.007
N * S	8	.060	.007	.928ns	.508
Error	30	.241	.008		
Corrected Total	44	.526			

เมื่อ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองเรื่องผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณ

อัลลิซินในกระเทียมที่ 30 วันหลังการเก็บเกี่ยว

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Corrected Model	14	31.169	2.226	8.170	.000
N	2	12.713	6.357	23.325**	.000
S	4	11.383	2.846	10.443**	.000
N * S	8	7.073	.884	3.244**	.005
Error	45	12.264	.273		
Total	59	43.433			

เมื่อ ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองเรื่องผลของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ต่อปริมาณ

อัลลิซินในกระเทียมที่ 90 วันหลังการเก็บเกี่ยว

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Corrected Model	14	303.621(a)	21.687	23.376	.000
N	2	4.491	2.245	2.420^{ns}	.100
S	4	68.472	17.118	18.451**	.000
N * S	8	230.659	28.832	31.078**	.000
Error	45	41.749	.928		
Corrected Total	59	345.370			

เมื่อ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณอัลลิซินต่อน้ำหนักแห้งในกระเทียมที่เก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละระยะการเก็บรักษา

ระยะการเก็บรักษา	Source	df	SS	MS	F	Sig.
20 วัน	Treatment	6	48.530	8.088	1.441^{ns}	.246
	Error	21	117.899	5.614		
	Total	27	166.429			
40 วัน	Treatment	6	56.799	9.467	2.306^{ns}	.072
	Error	21	86.204	4.105		
	Total	27	143.003			
60 วัน	Treatment	6	817.459	136.243	44.967**	.000
	Error	21	63.627	3.030		
	Total	27	881.086			
80 วัน	Treatment	6	146.412	24.402	13.074**	.000
	Error	21	39.195	1.866		
	Total	27	185.607			
100 วัน	Treatment	6	241.243	40.207	8.427**	.000
	Error	21	100.200	4.771		
	Total	27	341.444			
120 วัน	Treatment	6	106.106	17.684	17.951**	.000
	Error	21	20.687	.985		
	Total	27	126.793			

เมื่อ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 8 อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยระหว่างการเก็บรักษากระเทียมในสภาพอุณหภูมิและความชื้นห้อง

เดือน	อุณหภูมิ (°C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
กุมภาพันธ์	33.9	22.2	27.9	86	42	64
มีนาคม	34.7	24.2	28.9	85	47	67
เมษายน	35.7	25.0	29.4	88	50	71
พฤษภาคม	35.0	25.6	29.1	91	56	76
เฉลี่ย	34.8	24.3	28.8	87.5	48.8	69.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายพิษณุ สุขแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2529 สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดวังน้ำ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2542 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายที่โรงเรียนพิมายวิทยาอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2548 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โดยขณะศึกษาได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เอซีเค ไฮโดรฟาร์ม จำกัด จังหวัดนครราชสีมา และได้เข้าร่วมโครงการฝึกงานภาคฤดูร้อนรุ่นที่ 5 ของเครือเจริญโภคภัณฑ์ โดยปฏิบัติงานที่ บริษัท เจียไต๋ จำกัด จังหวัดกาญจนบุรี และสำเร็จการศึกษาโดยได้รับปริญญาเกียรตินิยมอันดับหนึ่ง พ.ศ.2552หลังจากสำเร็จการศึกษาได้รับทุนผู้มีผลการเรียนดีเด่น เพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ขณะศึกษาได้ปฏิบัติงานเป็นผู้ช่วยสอนวิชาการขยายพันธุ์พืช การผลิตไม้ดอกไม้ประดับเศรษฐกิจ การผลิตพืชผักเศรษฐกิจและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสถานที่ติดต่อ 19/4 หมู่ 9 ตำบลสัมฤทธิ์ อำเภอพิมายจังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30110, E-mail address: k.pitsanu@hotmail.com

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี