ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน | พืชสวน

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกและการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหิน

Postharvest Physiology of Inflorescences and Rhizome Storage of Globba (*Globba williamsiana*)

นามผู้วิจัย นายสุกฤษฎิ์ เมธาประสิทธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์อัณณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ศาสตราจารย์สายชล เกตุษา, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฏฐ พิชกรรม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ **เดือน** **พ.ศ.**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกและการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหิน

Postharvest Physiology of Inflorescences and Rhizome Storage of Globba (*Globba williamsiana*)

โดย

นายสุกฤษฎิ์ เมธาประสิทธิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุกฤษฎิ์ เมธาประสิทธิ์ 2555: สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกและการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหิน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์อัณณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์, Ph.D. 80 หน้า

หงส์เหินเป็นไม้ประดับพื้นเมืองที่มีศักยภาพในการพัฒนาพันธุ์เพื่อจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ ทั้งนี้ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นกับช่อดอกและหัวพันธุ์หงส์เหินค่อนข้างน้อย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากสภาพการปลูกเลี้ยงแตกต่างกัน รวมทั้งศึกษาหาระดับอุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหิน โดยทำการศึกษาระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา 3 ระดับ ได้แก่ 10 15 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน จากผลการศึกษาพบว่า ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบติดอยู่กับก้านช่อดอก 1 ใบ มีคุณภาพของช่อดอกและอายุปักแจกันในน้ำกลั่นดีกว่าช่อดอกที่ปลิดใบออกหมดและช่อดอกที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ การให้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb ระยะเวลา 4 ชั่วโมง และ/หรือ เอทิลีนจากภายนอกที่ความเข้มข้น 0.5 ppm กับช่อดอกหงส์เหิน พบว่าช่อดอกหงส์เหินมีคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างทางสถิติกับช่อดอกที่ไม่ได้รับสาร และจากการศึกษาถึงระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหิน พบว่า หัวพันธุ์หงส์เหินเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก การฝ่อของหัวพันธุ์ อัตราการผลิตเอทิลีน อัตราการหายใจ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งและน้ำตาล รวมทั้งกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase และ vaculolar invertase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งสะสมภายในหัวพันธุ์เกิดขึ้นมากกว่าในหัวพันธุ์การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส ทั้งนี้การเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส อัตราการผลิตเอทิลีน และการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งเกิดขึ้นมากกว่าการเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ดังนั้นผลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหิน โดยสามารถเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหินได้นานไม่น้อยกว่า 6 เดือน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sukrit Methaprasit 2012: Postharvest Physiology of Inflorescences and Rhizome Storage of Globba (*Globba williamsiana*). Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture.
Thesis Advisor: Mrs. Anchaya Mongkolchaiyaphruek, Ph.D. 80 pages.

Globba is an indigenous plant which has a potential as a cut flower for export. However the information concerning postharvest physiology of globba is still limited. Thus, this research was aimed to study the quality and physiological changes after harvest of globba (*Globba williamsiana*) 'Giant Violet Dancing Girl' inflorescences, of plant which were grown under different conditions and to find out the appropriate temperature (10, 15 or 25 °C) for storage of globba rhizomes. The experiments revealed that globba inflorescences with one leaf on psuedostem, from plants were grown in the field and received rain water showed good quality and long vase life compared with the one without leaf and the inflorescences of plants which were grown plastic bags and received water twice a week. In addition, fumigation with 500 ppb 1-MCP for 4 hours prior to 0.5 ppm ethylene treatment had no significant effect on quality and vase life of globba inflorescences. Storage of globba rhizomes at 25 °C increased more weight loss, shriveled rhizomes, ethylene production, respiration rate and changes in starch and sugar contents, which corresponded with increase in activities of α-amylase and vaculolar invertase, than those stored at 10 and 15 °C. Whereas the rhizomes stored at 10 °C had more ethylene production and change in starch content than those stored at 15 °C. Based on the results, 15 °C was the most appropriate temperature for storage of globba rhizomes up to 6 months.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อัณณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศาสตราจารย์ ดร.สายชล เกตุษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ ดร.วชิรญา อิ่มสบาย และผศ.ดร.อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสภาวิจัยแห่งชาติที่กรุณาสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณพี่ ๆ เจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวทุกท่าน น.ส.อภิญญา นายยศพล น.ส.อ้อมอรุณ น.ส.ชณัฐติกา น.ส.มณฑาทิพย์ น.ส.อิษยา น.ส.วิชุดา น.ส.วีรณัฐ นายชูศักดิ์ นายกิตติ น.ส.เสาวลักษณ์ น.ส.เพชรรัตน์ น.ส.ไพลิน น.ส.อรวรรณ น.ส.จิตติมา นายอุกฤษณ์ และพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและภาควิชาพืชสวนทุกท่านที่มิได้กล่าวนามในที่นี้ รวมถึง น.ส.จุติมา น.ส.วิรัชญา น.ส.นริสา น.ส.พรพรรณ น.ส.ธัญญารัตน์ น.ส.ศิรินทิพย์ น.ส.ทิวาพร และ น.ส.โสภิดา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำตลอดจนให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุพจน์ คุณแม่นภา ตลอดจนครอบครัวเมธาประสิทธิ์ และครอบครัวศิวสัตตพร ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และให้การสนับสนุนการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา

สุกฤษฎิ์ เมธาประสิทธิ์

เมษายน 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	31
ผล	31
วิจารณ์	63
สรุป	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	70
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อายุการปักแจกันของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น เปรียบเทียบจากสภาพการปลูกเลี้ยงและจำนวนใบที่ติดอยู่กับก้านช่อดอก	38
2	อายุการปักแจกันของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น เปรียบเทียบจากสภาพการปลูกเลี้ยงและการได้รับสาร	47

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หงส์เหินพันธุ์ Giant Violet Dancing Girl (A) และพันธุ์ White Dragon (B)	4
2	ลักษณะโดยทั่วไปของหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl	5
3	ขนาดของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ทำการเก็บรักษา	21
4	ตำแหน่งของใบประดับที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงสีของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl	22
5	การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับ ค่าความสว่าง (L*) (A) ค่าความเข้มสี (C*) (B) และค่าชนิดสี (Hue) (C) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออกทั้งหมด (♦) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (■) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและปลิดใบออกทั้งหมด (◊) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (□)	33
6	ลักษณะการเสื่อมสภาพของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับ (A) และการแห้งของใบประดับ (B)	34
7	อัตราการดูดน้ำของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออกทั้งหมด (♦) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (■) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและปลิดใบออกทั้งหมด (◊) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (□)	35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
8	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออกทั้งหมด (♦) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (■) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและปลิดใบออกทั้งหมด (◊) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (□)	36
9	อัตราการผลิตเอทิลีน (A) และอัตราการหายใจ (B) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออกทั้งหมด (♦) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (■) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและปลิดใบออกทั้งหมด (◊) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (□)	37
10	การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับ ค่าความสว่าง (L*) (A) ค่าความเข้มสี (C*) (B) และค่าชนิดสี (Hue) (C) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง ไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)	41
11	การเปลี่ยนแปลงสีของใบ ค่าความสว่าง (L*) (A) ค่าความเข้มสี (C*) (B) และค่าชนิดสี (Hue) (C) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง ไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)	42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	สีใบของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง (A) และปลูกในถุงพลาสติก (B)	43
13	อัตราการดูดน้ำของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง ไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)	44
14	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง ไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)	45
15	อัตราการผลิตเอทิลีน (A) และอัตราการหายใจ (B) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)	46
16	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	ความแน่นเนื้อในหัวของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	52
18	ความแน่นเนื้อในรากสะสมอาหารของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	53
19	ลักษณะการฝ่อของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl หัวพันธุ์ที่มีลักษณะปกติ (A) และหัวพันธุ์ที่เกิดการฝ่อและการงอก (B)	54
20	อัตราการผลิตเอทิลีนของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	55
21	อัตราการหายใจของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	56
22	ปริมาณแป้งในหัวของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	57
23	ปริมาณแป้งในรากสะสมอาหารของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	58

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในหัวของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	59
25	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในรากสะสมอาหารของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	60
26	กิจกรรมเอนไซม์ α-amylase ในรากสะสมอาหารของหัวพันธุ์หงส์เหิน (*Globba williamsiana*) ขนาดใหญ่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	61
27	กิจกรรมเอนไซม์ Vaculolar invertase ในรากสะสมอาหารของหัวพันธุ์หงส์เหิน (*Globba williamsiana*) ขนาดใหญ่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน	62

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกและการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหิน

Postharvest Physiology of Inflorescences and Rhizome Storage of Globba (*Globba williamsiana*)

คำนำ

หงส์เหินเป็นไม้พื้นเมืองที่มีถิ่นกำเนิดในป่าเขตร้อนชื้นของประเทศไทย ซึ่งจัดได้ว่าเป็นไม้พื้นเมืองที่มีศักยภาพในการพัฒนาพันธุ์เพื่อจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ ทั้งในรูปแบบของไม้กระถาง ไม้ปลูกประดับแปลง และไม้ตัดดอก นอกจากนี้ยังมีการส่งออกหัวพันธุ์ไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ จากข้อมูลปริมาณการส่งออกหัวพันธุ์หงส์เหินในปี 2547 มีการส่งออกหัวพันธุ์จำนวน 29,630 หัว คิดเป็นมูลค่า 410,970 บาท โดยตลาดที่สำคัญในการส่งออก คือ ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา และอิตาลี พื้นที่การผลิตหงส์เหินของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ที่จังหวัดลำพูน เชียงใหม่ เชียงราย ตาก และสระบุรี พันธุ์ที่นิยมปลูกโดยส่วนใหญ่คือพันธุ์ช่อดอกสีขาว และพันธุ์ช่อดอกสีชมพู (อรวรรณ และสุนทรี, 2548)

การผลิตช่อดอกหงส์เหินที่มีคุณภาพนอกฤดูและการจำหน่ายหัวพันธุ์ไปยังตลาดต่างประเทศ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นกับช่อดอกและหัวพันธุ์หงส์เหิน แต่ทั้งนี้ปัจจุบันการศึกษาถึงข้อมูลดังกล่าวยังมีอยู่น้อยมาก ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังการเก็บเกี่ยวของหงส์เหิน มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์หงส์เหินให้มีคุณลักษณะและคุณภาพเหมาะสมต่อการส่งออกจำหน่าย อีกทั้งเป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา หรือการวางจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหินสามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตหงส์เหินในรูปของไม้ตัดดอกนอกฤดูเพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของหงส์เหินมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาผลของสภาพการปลูกเลี้ยงที่มีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกหงส์เหิน

2. เพื่อศึกษาผลของเอทิลีนจากภายนอกที่มีต่อการเสื่อมสภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกเลี้ยงในสภาพแตกต่างกัน

3. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพของหัวพันธุ์หงส์เหินภายหลังการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

หงส์เหิน (*Globba* sp.) เป็นไม้พื้นเมืองที่มีแหล่งกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบในประเทศไทย พม่าและเวียดนาม มักเจริญเติบโตในป่าเขตร้อนชื้น ใต้ร่มเงาไม้ใหญ่ หงส์เหินเริ่มออกดอกตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง กันยายน ลักษณะเด่นคือมีหน่อขนาดเล็กที่เรียกว่าบัลบิล (bulbil) เกิดที่โคนของช่อดอก โดยเมื่อบัลบิลโตเต็มที่จะมีรากงอกออกมาขณะที่ยังอยู่บนช่อดอก (จำลอง, 2539) ดอกหงส์เหินเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ทุกภาค การเรียกชื่ออาจจะแตกต่างกันไปตามพื้นที่ เช่น ดอกเข้าพรรษา (สระบุรี) กล้วยเครือคำ (เชียงใหม่) ปุดนกยูง (ภาคใต้) และในต่างประเทศนิยมเรียกว่า Dancing Ladies (อรวรรณ และ สุนทรี, 2554) ในป่าเมืองไทยมีพืชสกุลหงส์เหินขึ้นกระจายอยู่ทุกภาค อาจมีมากถึง 40 ชนิด จากการสำรวจพบว่าแถบภาคเหนือและภาคกลางมีความหลากหลายของพันธุ์สูงกว่าภาคอื่นๆ (พวงเพ็ญ,2539) โดยทางภาคเหนือพบพืชสกุลหงส์เหิน 3 ชนิด ได้แก่ *G. nuda* K. Larsen., *G. purpurascens* Craib. และ *G. reflexa* Craib. ขึ้นอยู่ตามบริเวณป่าทิศตะวันออกของดอยสุเทพที่ระดับความสูง 670-750 เมตร (อารมณ์, 2537) ทางภาคกลางพบ 1 ชนิด คือ *G. obscura* K. Larsen. ที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ขึ้นในที่ชื้นตามซอกหิน (บุศบรรณ, 2523) ทางภาคใต้พบ 2 ชนิด ได้แก่ *G. albiflora* Ridl. และ *G. fasciata* Ridl. ในจังหวัดสงขลาและพัทลุง (พวงเพ็ญ, 2532) นอกจากนี้ ที่บ้านสานปรัง อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรีพบ 5 ชนิด คือ *G. cernua* Bak., *G. kerii* Craib., *G. multiflora* wall ex Bak., *G. obscura* K. Larsen. และ *G. substrigosa* Kingex Bak. (Maxwell, 1995) ทั้งนี้ปัจจุบันพบว่า มีการผลิตหงส์เหินเพื่อตัดดอก และเป็นไม้ดอกกระถาง ซึ่งหงส์เหินจะออกดอกในช่วงเทศกาลเข้าพรรษาหรือในฤดูฝน โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย มี 2 พันธุ์ คือ ช่อดอกสีชมพูม่วง มีชื่อการค้าว่า Giant Violet Dancing Girl (*Globba williamsiana*) และ ช่อดอกสีขาว มีชื่อการค้าว่า White Dragon (*Globba magnifica*) (อรวรรณ และสุนทรี, 2548)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

หงส์เหินเป็นพืชในวงศ์ Zingiberaceae อยู่ในสกุล *Globba* เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) มีอายุหลายปี (perennial) มีลำต้นเป็นหัวใต้ดินประเภทเหง้า (tuberous rhizome) มีรากสะสมอาหารลักษณะอวบน้ำคล้ายรากของกระชายเรียงอยู่รอบหัว โดยมีรากฝอยแตกออกมาจากรากสะสมอาหาร (ณัฏฐพล, 2524) ส่วนของลำต้นเหนือดินมีลักษณะเป็นลำต้นเทียมที่เกิดจากการที่กาบใบเรียงรวมตัวอัดแน่นทำหน้าที่คล้ายลำต้นเหนือดิน โดยมีความสูงประมาณ 30-70 เซนติเมตร ใบมีลักษณะเรียวยาวรูปหอกคล้ายใบกระชายแต่มีขนาดเล็กกว่า เส้นใบเป็นแบบขนาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การแตกของใบจะแตกออกเป็นสองแถวในระนาบเดียวกัน ใบมีขนาดความกว้างประมาณ 10×25 ตารางเซนติเมตร การออกดอกจะออกเป็นช่อ ซึ่งช่อดอกจะแทงออกมาจากยอดของลำต้นเทียม ช่อดอกมีลักษณะโค้งงอ และมีก้านช่อดอกย่อยเรียงอยู่โดยรอบใบประดับ (bract) ซึ่งประกอบด้วยดอกจริงประมาณ 1-3 ดอก ดอกจริงมีสีเหลือง ลักษณะดอกคล้ายกับหงส์กำลังบิน ใบประดับมีลักษณะหลายรูปทรงและหลากสี ดอกหงส์เหินที่พบโดยทั่วไปจะมี 2 ลักษณะ คือ

1. ลักษณะช่อดอกห้อยยาวเรียว ใบประดับมีสีขาว สีม่วง สีชมพูเข้ม และช่อดอกห้อยทรงกระบอกสีเหลือง

2. ลักษณะช่อดอกตั้งทรงกลมยาว ใบประดับมีสีขาว สีม่วง สีเขียว สีชมพู และสีแดงเข้ม (อรวรรณ และ สุนทรี, 2554)

Giant Violet Dancing Girl (*Globba williamsiana*)

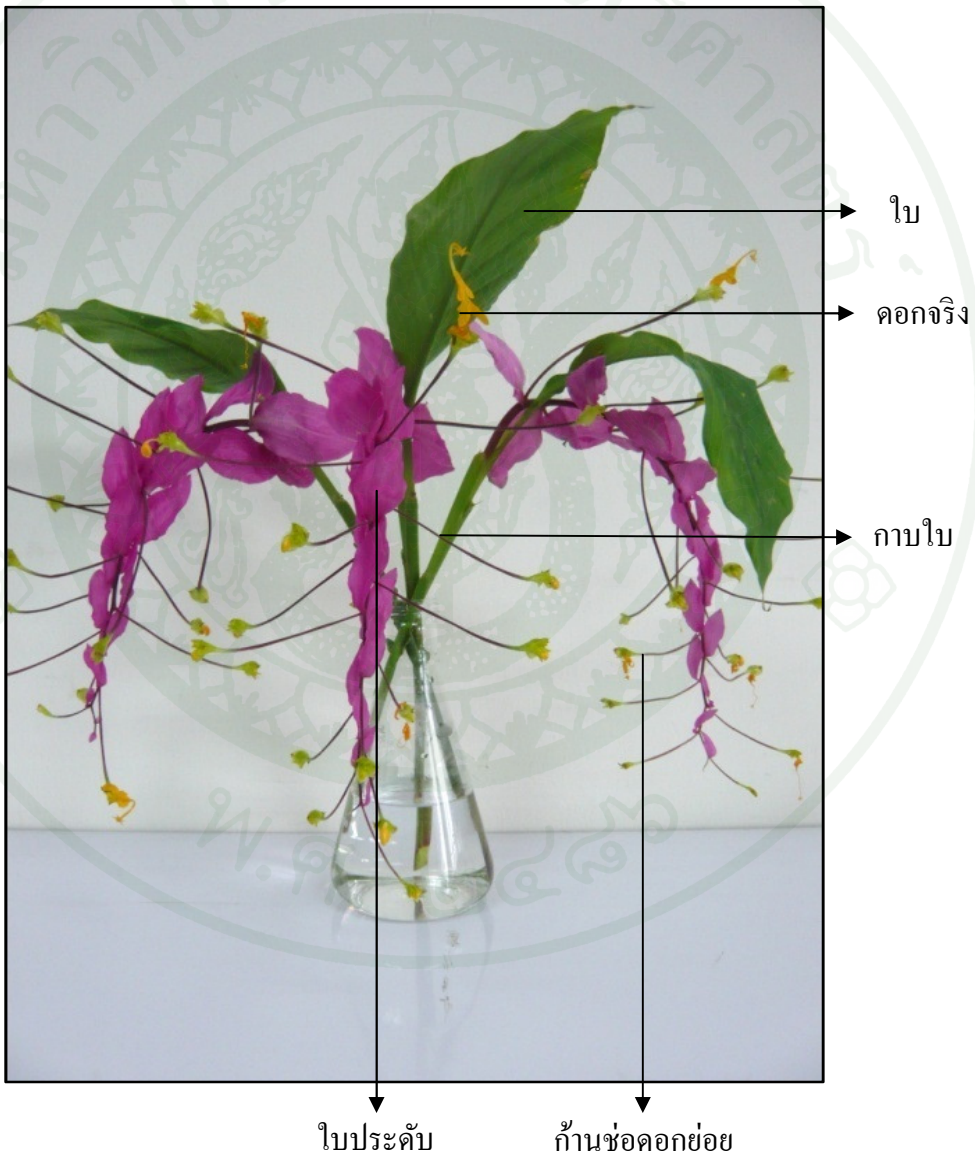
White Dragon (*Globba magnifica*)

ภาพที่ 1 หงส์เหินพันธุ์ Giant Violet Dancing Girl (A) และพันธุ์ White Dragon (B)

ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศแบบไม่สมมาตร (asymmetrical complete flower) ดอกมีกลีบเลี้ยงเชื่อมกันเป็นหลอด รูปร่างเป็นรูปกรวย มีปลายแยกเป็น 3 แฉก ขนาดไม่เท่ากัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด กลีบดอกบาง มี 3 กลีบ มีเกสรตัวผู้ 1 อัน ก้านชูอับละอองเกสรอันที่อยู่ด้านบนมีลักษณะโค้ง อับละอองเกสรมี 2 พู แต่ละพูประกอบด้วยปีก 2 ปีก เป็นรูปตัววี มีขนาดไม่เท่ากันยื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ออกไปด้านละข้าง เกสรตัวผู้อันอื่นเปลี่ยนแปลงรูปร่างลดรูปเป็นแผ่น (petaloid staminode) มีสีคล้ายกลีบดอก เกสรตัวผู้ลดรูป 2 แผ่นอยู่แยกเป็นอิสระกับเกสรตัวผู้ลดรูปอีกอันหนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นใหญ่ (lip) แผ่นนี้เชื่อมติดกับก้านเกสรตัวผู้และอยู่เหนือกลีบดอก เกสรตัวเมียประกอบด้วยก้านชูเกสรตัวเมียที่มีลักษณะเรียวยาวคล้ายเส้นด้ายแทรกอยู่ระหว่างอับละอองเกสร ยอดเกสรตัวเมียมีลักษณะกลม รังไข่อยู่ต่ำกว่าส่วนประกอบอื่นของดอก รังไข่มี 1 ช่อง (locule) มีไข่อ่อนจำนวนมากเกาะติดกับด้านข้างของผนังรังไข่ในลักษณะพลาเซนตาตามแนวตะเข็บ (parietal placentation) ผลเป็นแบบผลแห้งแตก (capsule) (อดิศร, 2541)



ภาพที่ 2 ลักษณะโดยทั่วไปของหงส์เหิน(*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปลูกและดูแลรักษา

ดินปลูกควรเป็นดินร่วนปนทราย ระบายน้ำดี ไม่ชื้นแฉะ และหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่เคยปลูกพืชตระกูลขิงข่ามาก่อน หงส์เหินเป็นพืชที่ต้องการร่มรำไร ถ้าปลูกกลางแจ้งควรมีการพรางแสงด้วยซาแรนประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ แปลงปลูกควรมีการคลุมฟางหรือหญ้าแห้งเพื่อรักษาความชื้นแต่ไม่แฉะ และรักษาความสะอาดของดอกในกรณีที่มีการรดน้ำด้วยสายยาง การให้น้ำถ้าอากาศแห้งมากควรมีการให้น้ำอย่างน้อยวันละครั้งในช่วงเช้า

การใส่ปุ๋ยควรใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก อัตรา 1 ตันต่อไร่ และในช่วงการเจริญเติบโต ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-0 และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 1:1 จำนวน 1-2 ช้อนชาต่อหลุมหรือหว่านให้ทั่วแปลง สำหรับในช่วงออกดอกและสร้างหัวใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 1-2 ช้อนต่อหลุม

การตัดแต่งในกรณีที่แปลงปลูกจากปีที่ 2 เป็นต้นไป ต้นหงส์เหินในแปลงอาจมีความหนาแน่นมากเกินไป เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรค ดอกมีขนาดเล็กไม่สมบูรณ์ ควรมีการตัดแต่งให้แปลงปลูกโปร่งโดยตัดต้นที่ไม่สมบูรณ์หรือตัดใบทิ้งบ้าง (อรวรรณ และ สุนทรี, 2554)

การตัดดอก

การตัดดอกหงส์เหินจะตัดเมื่อดอกบานเต็มที่ กล่าวคือใบประดับบานถึงปลายช่อ มีดอกจริงบาน 3-5 ดอกต่อช่อ มีสีสดไม่เหี่ยว โดยจะตัดเหนือผิวดินประมาณ 2 นิ้ว ตัดเหลือโคนก้านติดต้นยาว 10 เซนติเมตร ภายหลังตัดดอก นำช่อดอกมาแช่น้ำ แต่งใบออกเหลือใบบนเพียง 1 ใบ (อรวรรณ และ สุนทรี, 2554)

การเสื่อมสภาพของช่อดอกหงส์เหิน

จากการสืบค้นข้อมูลยังไม่พบรายงานที่กล่าวถึงลักษณะการเสื่อมสภาพของช่อดอกหงส์เหินอย่างชัดเจน แต่จากการศึกษาในดอกปทุมมาซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Zingiberaceae เช่นเดียวกับดอกหงส์เหิน พบว่าเมื่อดอกปทุมมาเกิดการเสื่อมสภาพ ปลายใบประดับมีการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีน้ำตาล โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีจากใบประดับด้านนอกก่อนเข้าสู่ด้านใน โคนก้านดอกลีบระหว่างทำการปักแจกัน ดอกย่อยที่บานมีการหายใจและการผลิตเอทิลีนในช่วงแรกต่ำ จากนั้นเพิ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูงขึ้นเมื่อดอกเริ่มเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังพบว่าตลอดระยะการปักแจกันดอกปทุมมามีอัตราการดูดน้ำและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดลดลง (กนกพร, 2541)

สาเหตุการเสื่อมสภาพของดอกไม้

คุณภาพของดอกไม้ภายหลังตัดจากต้นขึ้นอยู่กับสภาวะก่อนการเก็บเกี่ยว ได้แก่ น้ำ อาหารสะสมในดอก ความเข้มแสง และอุณหภูมิ (Holley, 1963) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาวะหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของดอกไม้ ตลอดจนสภาพแวดล้อมและวิธีปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (นิธิยา, 2525) ดอกไม้ที่ตัดจากต้นมีการเสื่อมคุณภาพหรือหมดอายุการใช้งานรวดเร็วกว่าอยู่บนต้นเดิม ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. การขาดน้ำ

ปัจจัยสำคัญที่มีต่อการเก็บรักษาและอายุการบานของดอกภายหลังการตัดดอกออกจากต้นคือ สภาวะสมดุลของน้ำในก้านดอก ดอกไม้ที่มีการสูญเสียน้ำมากหรือปริมาณน้ำไม่สมดุลจะเกิดอาการเหี่ยว ซึ่งสภาวะสมดุลของน้ำเกี่ยวข้องกับอัตราการดูดซึมน้ำ การลำเลียง และอัตราการระเหยของน้ำ (นิธิยา, 2525) ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในก้านดอกภายหลังการตัดออกจากต้น จะถูกนำไปใช้เพื่อให้เซลล์มีชีวิตอยู่ได้และบางส่วนของน้ำจะระเหยออกทางรูใบ ทำให้ปริมาณน้ำภายในก้านดอกลดน้อยลง ดอกไม้ที่ไม่ได้รับน้ำทดแทนจากภายนอก จะเหี่ยวและมีอายุการใช้งานสั้น ดังนั้นจึงต้องควบคุมอัตราการคายน้ำของดอกให้สูญเสียน้ำน้อยที่สุด และมีการให้น้ำแก่ดอกไม้โดยการนำโคนก้านดอกไม้แช่น้ำ เพื่อทดแทนน้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากการคายน้ำ ทำให้เกิดภาวะสมดุลของน้ำภายในก้านดอก (สายชล, 2531) ในขณะที่พืชมีการคายน้ำหรือสูญเสียน้ำ จะก่อให้เกิดความไม่สมดุลของน้ำภายในดอก ทำให้ดอกไม้เกิดการเหี่ยว และการชราภาพเร็วขึ้น ดังเช่น กล้วยไม้สกุล *Phalaenopsis* จะเหี่ยวเร็วกว่าดอกกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* เนื่องจากมีอัตราการคายน้ำที่สูงกว่า และกล้วยไม้สกุล *Cymbidium* จะมีอัตราการคายน้ำต่ำเมื่อเทียบกับดอกลิลี่ กุหลาบ หรือคาร์เนชัน (van Doorn, 1997) นอกจากนี้ Halevy (1976) รายงานว่าสภาวะการขาดน้ำเป็นสาเหตุของการหมดอายุการปักแจกัน ซึ่งการที่ดอกไม้มีการสูญเสียน้ำตลอดเวลาทำให้ดอกมีปริมาณน้ำลดลง และถ้าก้านดอกไม่มีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นแสดงว่าก้านดอกหรือโคนก้านดอกเกิดการอุดตัน สาเหตุของการอุดตันเป็นผลมาจากสิ่งต่างๆดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. บาดแผลขณะตัดดอก รอยช้ำ ซึ่งพบว่าเมื่อก้านดอกช้ำ อาหารหรือสิ่งที่อยู่ในท่ออาหาร (phloem) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสิ่งอุดตันในท่อน้ำ (Marousky, 1972)

2. มีฟองอากาศอยู่ที่โคนก้านดอก หรือภายในท่อน้ำ โดยอากาศจะเข้าไปตรงบริเวณรอยตัดขณะที่ตัดโคนก้านดอก

3. จุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อรา ซึ่งพบในสารละลายที่แช่ดอกไม้ เชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวจะไปอุดตันท่อน้ำที่โคนก้านดอก ทำให้ดอกไม้ดูดน้ำได้น้อยลง (Rogers, 1973) เชื้อโรคเหล่านี้สามารถสังเคราะห์สารพิษซึ่งมีผลทำให้เร่งการเสื่อมสภาพของดอกไม้ (นิภา, 2537)

4. การอุดตันเนื่องจากสภาพทางสรีรวิทยาของก้านดอก โดย van Doorn and Perik (1990) รายงานว่า การอุดตันเนื่องจากสภาพทางสรีรวิทยาของก้านดอก เป็นผลตอบสนองเนื่องจากการเกิดบาดแผลที่บริเวณรอยตัด ทำให้เซลล์บริเวณดังกล่าวมีการสร้างเอนไซม์บางชนิด เช่น cellulase ซึ่งเป็นเอนไซม์ประเภท pectolytic enzyme ที่สร้างขึ้นโดยเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์ในบริเวณใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อที่เกิดบาดแผลทำให้ได้สารใหม่ที่มีองค์ประกอบของเพคตินและคาร์โบไฮเดรท ซึ่งสารเหล่านี้จะไปอุดตันท่อลำเลียงของก้านดอก

2. การหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการเมตาบอลิซึมที่ใช้ออกซิเจนเผาผลาญอาหารได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานออกมาใช้ในการดำรงชีวิต เมื่อตัดดอกไม้ออกจากต้น ดอกไม้จะขาดแหล่งสร้างอาหาร คงมีแต่อาหารที่สะสมเหลืออยู่ในใบและกลีบดอกเท่านั้น ในขณะที่เซลล์ยังมีชีวิตอยู่ อาหารที่สะสมไว้ภายในเนื้อเยื่อของดอกไม้จะถูกใช้ไปเรื่อยๆ โดยถูกย่อยสลายให้อยู่ในรูปของน้ำตาล และถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ เมื่ออาหารที่สะสมไว้ถูกใช้หมดไป เซลล์จะเริ่มตายและชราภาพในที่สุด (Mastalerz, 1963) ทั้งนี้ Hew (1980) รายงานว่าดอกกล้วยไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงจะมีอายุการบานสั้นกว่าดอกกล้วยไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ รวมทั้งอายุของดอกไม้ หากดอกไม้ยังมีอายุน้อย จะมีอัตราการหายใจที่สูงกว่าดอกไม้ที่มีอายุมากกว่า และเมื่อเข้าสู่วัยชราภาพจะมีอัตราการหายใจสูง ต่อเมื่อดอกไม้หมดอายุการใช้งานจึงจะมีอัตราการหายใจต่ำ ทั้งนี้การเกิดบาดแผลก็ทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้นเช่นกัน ไม่ว่าจะเกิดจากสารเคมีเป็นพิษ กลีบดอกฉีกขาดหรือชอกช้ำ โรค แมลง การหายใจที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดบาดแผล เรียกว่า wound respiration (สายชล, 2531)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. เอทิลีน

เอทิลีน เป็นฮอร์โมนพืชที่อยู่ในสถานะก๊าซ สามารถกระตุ้นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต พัฒนาการ และการเสื่อมสภาพของพืช เอทิลีนถูกผลิตขึ้นจากทุกส่วนของพืชชั้นสูง อาทิเช่น ใบ ลำต้น ราก ดอก ผล หัว และต้นกล้า เอทิลีนที่ถูกผลิตขึ้นมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นกระบวนการมากมายในพืช ตั้งแต่การงอกจนถึงการเสื่อมสภาพ (Yang and Hoffman, 1984)

พืชและสิ่งมีชีวิตหลายชนิดสามารถสร้างเอทิลีนได้ การสังเคราะห์เอทิลีนในดอกไม้จะเพิ่มขึ้นทีละน้อยเมื่อดอกมีอายุมากขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมือนกันดอกตูมที่ได้รับเอทิลีนจากภายนอกจะสังเคราะห์เอทิลีนออกมาได้น้อยกว่าดอกที่บานเต็มที่แล้ว (นิธิยาและดนัย, 2537) นอกจากนี้การสังเคราะห์เอทิลีนจะมีมากในช่วงที่ดอกไม้เสื่อมสภาพ กล่าวคือในช่วงที่สีกลีบดอกเริ่มซีด และดอกใกล้ร่วง (เสาวลักษณ์, 2549)

การสังเคราะห์เอทิลีนในพืชชั้นสูง โดยทั่วไป เริ่มต้นจากกรดอะมิโน methionine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบผ่านสารตัวกลาง S-adenosyl-methionine (SAM) โดยอาศัยเอนไซม์ SAM synthase ซึ่งจะมีการใช้ ATP ในกระบวนการ 1 โมเลกุล สารที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) โดยอาศัยเอนไซม์ ACC synthase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นจะแตกตัวไปเป็นเอทิลีนในสภาพของบรรยากาศที่มีออกซิเจน โดยเอนไซม์ ACC oxidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Taiz and Zeiger, 1991)

สารยับยั้งเอทิลีน

สารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งเอทิลีนแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือสารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีน (ethylene biosynthesis) และสารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (ethylene action) (มณทินี, 2544) ซึ่งมีหลักการในการควบคุมคือ ยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีนจากตัวพืช ป้องกันการจับกันของเอทิลีนและตัวรับเอทิลีน (ethylene-receptors) และป้องกันปฏิกิริยาของพืชต่อการจับกันของเอทิลีนและตัวรับเอทิลีน (Serek *et al*., 2006) สารจำนวนมากที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอทิลีน เช่น 1-methylcyclopropene (1-MCP) ขัดขวางเอทิลีนในการเข้าเกาะกับตำแหน่งรับแบบไม่ย้อนกลับทำให้ไปยับยั้งการทำงานของเอทิลีนได้ (Lurie, 2005) โดยสารแต่ละชนิดให้ผลช่วงเวลาการทำงานที่แตกต่างกันไปตามชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1-methylcyclopropene (1-MCP)

สาร 1-MCP เป็นสารที่มี 4 คาร์บอนโมเลกุล (C_4H_6) มีองค์ประกอบเป็นสามเหลี่ยม 3 คาร์บอนที่มีหมู่ methyl เกาะอยู่และเกิดจากกระบวนการสลายของ diazocyclopropene (Blankenship and Dole, 2003; Lurie, 2005) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายเอทิลีนและขัดขวางการจับกันของตัวรับเอทิลีนได้ (Sisler and Serek, 1999) จากการที่ 1-MCP เป็นสารที่อยู่ในรูปก๊าซซึ่งไม่สะดวกในการเก็บ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาสารนี้ให้อยู่ในรูปของแข็งที่เป็นผง โดยรวมตัวกับ y-cyclodextrin เป็นสารประกอบเชิงซ้อนในรูปผง ที่อยู่ในสภาพเสถียรสามารถผสมรวมกับน้ำและปลดปล่อยก๊าซ 1-MCP ออกมา (Watkins, 2006) ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสารที่ใช้ผสมน้ำแล้วอยู่ในรูปสารละลายซึ่งสามารถจุ่มผลผลิตลงในสารละลาย 1-MCP ได้ (Manganaris *et al*., 2007)

จากคุณสมบัติข้างต้นทำให้มีการใช้ 1-MCP อย่างกว้างขว้างที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 200-1,000 นาโนลิตรต่อลิตร (nlL^{-1}) กับพืชชนิดต่าง ๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เช่น มีงานทดลองใช้ 1-MCP กับต้นบีโกเนีย *Begonia xelatior hydrida* Fotsch. ‘Najada’ และ ‘Rosa’, *B. xtuber hybrida* Voss. ‘Non-Stop’, กุหลาบหิน *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln. ‘Tropicana’, และกุหลาบ *Rosa hybrid* L. ‘Victory Parade’ โดยรมสาร 1-MCP เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนให้เอทิลีนจากภายนอกความเข้มข้น 1 ไมโครลิตรต่อลิตร พบว่า 1-MCP สามารถยับยั้งการหลุดร่วงของใบ ดอก ตูม และดอกบาน และสามารถลดการชราภาพของดอกไม้เหล่านี้ได้ดี (Porat *et al*., 1995) นอกจากนี้การทดลองให้สาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 นาโนลิตรต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมงแก่ดอกกล้วยไม้สกุลหวาย พบว่า สามารถยืดอายุการปักแจกันของกล้วยไม้สกุลหวายได้ดีที่สุด โดยกิจกรรมเอนไซม์ ACC synthase ของดอกตูมลดลง นอกจากนี้ยังสามารถลดการสร้างเอทิลีนและการหลุดร่วงของดอกกล้วยไม้ได้ (นริสา, 2546)

การเจริญเติบโตของไม้ดอกประเภทหัว

ไม้ดอกประเภทหัวเป็นพืชกลุ่มที่มีการเจริญเติบโตแตกต่างไปจากไม้ดอกทั่วไป กล่าวคือมีการเจริญเติบโตเป็นวงจร โดยที่ในวงจรการเจริญเติบโตหนึ่งวงจรนั้นประกอบด้วยช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางใบ ช่วงการเจริญเติบโตทางดอก และช่วงพักตัว (dormancy) วงจรการเจริญเติบโต 1 วงจรใช้เวลา 1 ปี ดังนั้นในแต่ละปีจึงมีการเจริญเติบโตปีละ 1 วงจร ซ้ำแล้วซ้ำเล่าในลักษณะของพืชอายุยืนที่ไม่มีเนื้อไม้ ในวงจรการเจริญเติบโตแต่ละวงจรนี้มีการเจริญเติบโตของต้น สลับกับช่วงของการพักตัว โดยที่การเจริญเติบโตของต้นเกิดจากหัวที่ผ่านพ้นระยะพักตัวแล้ว การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เจริญเติบโตทางใบเกิดควบคู่กันไปกับการเจริญเติบโตของดอกและการสร้างหัวใหม่ หลังจากนั้น ต้น ใบ และรากหมดอายุไป เหลือเพียงหัวใหม่ที่ยังคงมีชีวิตและพักตัวอยู่ในดิน ช่วงที่หัวพักตัวนี้เป็นช่วงฤดูแล้งในสภาพธรรมชาติ เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนหัวผ่านพ้นระยะพักตัวแล้วนั้นจึงเริ่มการเจริญเติบโตในวงจรการเจริญเติบโตใหม่ต่อไป (ฉันทนา, 2536)

การสร้างหัวของไม้ดอกประเภทหัว

ในช่วงที่มีการเจริญเติบโตของใบ พืชหัวจะมีการสร้างหัวใหม่ควบคู่ไปด้วยเพื่อทดแทนหัวเก่าที่หมดอายุไปและเพื่อเป็นส่วนขยายพันธุ์สำหรับการเจริญเติบโตในวงจรการเจริญเติบโตถัดไป การสร้างหัวเป็นการแปรรูปอวัยวะบางส่วนของต้นโดยที่อวัยวะเหล่านั้นเปลี่ยนรูปร่างโดยมีสัณฐานแตกต่างไปจากเดิมและเปลี่ยนหน้าที่ไปเป็นส่วนที่เก็บสะสมอาหาร (ฉันทนา, 2536) Leopold (1964) กล่าวถึงการสร้างหัวของพืชหัวไว้ว่ามี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนของการชักนำ (induction) ให้เกิดการสร้างหัวซึ่งในบางพืชขั้นตอนนี้ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมในการชักนำให้มีการเริ่มการสร้างหัว ขั้นตอนที่ 2 คือ ขั้นตอนของการเจริญเติบโต (growth) ของหัว ซึ่งเป็นช่วงที่มีการขยายขนาดของหัวเพื่อสะสมอาหาร และขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนของการแก่ของหัว เป็นขั้นตอนที่มีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในหัว หลังจากนั้นหัวจะเข้าสู่ระยะพักตัว

การเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์หงส์เหิน

ในช่วงฤดูหนาวประมาณเดือนธันวาคม ใบบนลำต้นเทียมที่อยู่เหนือดินจะเริ่มเหลือง และยุบตัวลง ซึ่งเหมาะแก่การเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ โดยจะเก็บหัวที่มีความแก่เต็มที่ นำมาล้างทำความสะอาด แช่น้ำยากันเชื้อรา จากนั้นนำมาผึ่งในที่ร่ม การเก็บรักษาควรปิดหัวพันธุ์ด้วย ขุยมะพร้าวแห้ง หรือกระดาษหนังสือพิมพ์ หัวพันธุ์ที่ส่งออกจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางหัวประมาณ 1 เซนติเมตร และมีรากสะสมอาหารติดไปกับหัวด้วย (อรวรรณ และ สุนทรี, 2554)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเก็บรักษา

การเก็บรักษาหัวพันธุ์มีความสำคัญต่อการเพิ่มศักยภาพการผลิต เพื่อให้สามารถผลิตไม้หัวได้ตลอดทั้งปี หรือเพื่อการผลิตนอกฤดู (นิศาชล, 2549) ทั้งนี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเก็บรักษาได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการต่างๆทางชีวเคมี เช่น การหายใจ การคายน้ำ และการสุก เป็นต้น (อศิราและคณะ, 2546) การศึกษาวิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู พบว่า หัวพันธุ์ปทุมมาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนัก การเน่าของหัวพันธุ์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งและน้ำตาลน้อยกว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อนำไปทดสอบการงอก พบว่า หัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส สามารถงอกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ในขณะที่หัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีเปอร์เซ็นต์การงอกลดลงจนไม่สามารถงอกได้ในเดือนที่ 10 ของการเก็บรักษา (นิศาชล, 2549)

2. ความชื้น

ปริมาณไอน้ำในอากาศนอกจากจะเป็นตัวกำหนดอัตราการสูญเสียน้ำของผลิตผลแล้ว ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอื่นๆด้วย เช่น ในสภาพที่มีความชื้นสูงจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการงอกขึ้นในหอมและกระเทียม นอกจากนั้นเชื้อราชนิดต่างๆที่มีอยู่บนผิวของผลิตผล ก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสูง การเก็บรักษาจึงต้องมีการควบคุมปริมาณความชื้นให้พอเหมาะ ไม่ให้มีการสูญเสียน้ำมากเกินไป แต่ขณะเดียวกันก็ต้องไม่ให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ (จริงแท้, 2549)

3. สภาพบรรยากาศ

ในการเก็บรักษาถ้ามีปริมาณออกซิเจนต่ำจะช่วยลดอัตราการหายใจและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่ถ้าออกซิเจนน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) และทำให้ผลิตผลเสียหาย คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการหายใจ หากมีการสะสมในที่เก็บรักษามากเกินไป อาจทำให้เกิดความผิดปกติในการหายใจและทำให้ผลิตผลเสียหายได้เช่นกัน นอกจากก๊าซทั้งสองแล้ว เอทิลีนเป็นก๊าซสำคัญซึ่งอาจเกิดจากการผลิตของผลิตผลเองหรือเกิดจากแหล่งอื่นๆ ก๊าซเอทิลีนนี้จะกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่อาจไม่พึงปรารถนาขึ้นได้ (จริงแท้, 2549)

4. แสงและแรงโน้มถ่วง

แสงและแรงโน้มถ่วงมีอิทธิพลต่อผลิตผลที่กำลังเจริญเติบโตทั้งทางบวกและทางลบ เช่น การเก็บรักษาผักรับประทานใบในสภาพที่มีแสง จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ เนื่องจากยังคงมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าเก็บรักษาหัวมันฝรั่งในที่ที่มีแสง จะทำให้เกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สีเขียวและอาจเกิดการสะสมสารที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สำหรับแรงโน้มถ่วงมีผลทำให้ผลิตผลบางอย่าง เช่น ช่อดอกแกลดิโอลัส เยอบีร่า และหน่อไม้ฝรั่งเกิดการโค้งงอขึ้นเมื่อวางในแนวราบ การเก็บรักษาจึงต้องจัดวางในแนวตั้งเสมอ (จริงแท้, 2549)

5. โรคและแมลง

ส่วนใหญ่แล้วการเข้าทำลายของโรคและแมลงมักเกิดขึ้นในแปลงปลูก แต่เนื่องจากผลิตผลในช่วงเวลาดังกล่าวมีความสามารถในการต้านทานโรค อาการผิดปกติต่างๆจึงมักไม่ปรากฏให้เห็น จนกระทั่งเมื่อผลิตผลเริ่มเสื่อมสภาพ เชื้อจุลินทรีย์ที่แอบแฝงอยู่ก่อนแล้วก็จะเจริญเติบโตและก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว การเข้าทำลายของแมลงจะทำให้คุณภาพของผลิตผลลดลง ซึ่งแมลงเหล่านี้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้แม้ผลิตผลจะถูกเก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้วและทำการเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่ง (จริงแท้, 2549)

วิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์พืช

1. การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์ได้ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำนั้นจะช่วยชะลออัตราการหายใจและรักษาคุณภาพของผลิตผล (Robert, 1994; Rooney, 1995) ทั้งนี้อุณหภูมิต่ำที่ใช้จะต้องเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่สามารถเก็บรักษาผลิตผลได้ โดยไม่ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) สมยศ (2539) ได้เก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาที่อุณหภูมิ 5 10 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่าหัวพันธุ์ปทุมมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อนำไปปลูกไม่สามารถงอกเป็นต้นได้หรือได้ต้นที่ให้ก้านช่อดอกสั้นลง ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส หัวพันธุ์ยังคงมีชีวิตและสามารถเจริญเติบโตได้ เช่นเดียวกับ เยาวลักษณ์ (2544) ได้รายงานว่า การเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้องจะทำให้หัวพันธุ์เกิดอาการเหี่ยวและนิ่มตามลำดับ ไม่สามารถใช้เป็นหัวพันธุ์ได้ ในขณะที่การเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยที่น้ำหนักของหัวพันธุ์ลดลงเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้มีรายงานว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาหัวพันธุ์ว่านมหาลาภ (สุพจน์, 2537) และหัวพันธุ์ฉัตรทองหรือขมิ้นแดง (พิมพ์ใจ และคณะ, 2536) คือที่ 10 และ 13 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยเมื่อนำหัวพันธุ์ไปปลูกยังสามารถงอกและให้ช่อดอกเป็นปกติ แต่การเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปปลูกพบว่ามีการเจริญเติบโตเฉพาะทางใบและมีอัตราการงอกต่ำ ในขณะที่การเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสามารถเก็บหัวพันธุ์ได้เพียง 3 และ 12 สัปดาห์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere, MA) เป็นการเก็บรักษาที่สามารถชะลอกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆภายในผลผลิตทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่การเก็บรักษาแบบนี้ไม่สามารถควบคุมปริมาณก๊าซให้คงที่ได้ (จริงแท้, 2549) ทั้งนี้มีรายงานการเก็บรักษามันฝรั่งในสภาพดัดแปลง พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ 9.4 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 3.6 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษามันฝรั่งได้นาน 45 สัปดาห์ โดยมันฝรั่งยังคงมีผิวที่ดี มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยและไม่งอก (Khanbari and Thompson, 1996) นอกจากนี้มีรายงานการเก็บรักษาหัวพันธุ์ลิลลี่ที่อุณหภูมิ 24-25 องศาเซลเซียส ในสภาวะออกซิเจน 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าจะให้ต้นที่มีคุณภาพดีเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่สภาวะอากาศปกติ (ออกซิเจน 21 เปอร์เซ็นต์) (Legnani *et al.,* 2002)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหัวพันธุ์

คุณภาพของหัวพันธุ์ภายหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารสะสมที่มีอยู่ภายในหัวพันธุ์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง และน้ำตาล ทั้งนี้โดยทั่วไปพืชขนส่งหรือลำเลียงคาร์โบไฮเดรตจากแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่งในรูปของซูโครส และเปลี่ยนเป็นรูปน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส เพื่อใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมต่อไป (สัมพันธ์, 2526)

เอนไซม์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหัวพันธุ์

อะไมเลส (amylase)

อะไมเลสเป็นเอนไซม์ย่อยสลายพันธะของสายพอลิแซ็กคาไรด์ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง ซึ่งประกอบด้วย พอลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส และอะไมโลเพกติน อะไมเลสสามารถย่อยสลายพอลิแซ็กคาไรด์ได้เป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ และส่วนใหญ่เป็นไดแซ็กคาไรด์ คือมอลโทส อะไมเลสมีน้ำหนักโมเลกุล 50,000 ดาลตัน กิจกรรมของเอนไซม์สามารถถูกกระตุ้นโดย คลอไรด์ โบรไมด์ และฟลูออไรด์ไอออน และถูกยับยั้งปฏิกิริยาโดยโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ช่วงความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์อยู่ในช่วง 6.5-8.0 (ปรางทิพย์, 2548) อะไมเลสแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. เอนโดอะไมเลส (endoamylase) เป็นอะไมเลสที่สามารถย่อยสลายพันธะ α-1,4-glucosidic ของอะไมโลส อะไมโลเพคติน และไกลโคเจน แบบสุ่มบริเวณกลางหรือส่วนในของโมเลกุล ทั้งนี้เอนโดอะไมเลส มีอยู่ประเภทเดียว คือ α-amylase (Hill and McGregor, 1988)

2. เอกโซอะไมเลส (exoamylase) เป็นอะไมเลสที่ย่อยสลายพันธะ α-1,4-glucosidic ของอะไมโลส อะไมโลเพคติน และไกลโคเจน โดยเริ่มจากปลายด้านนอกสุดของโมเลกุล (Hill and McGregor, 1988) ซึ่งเอกโซอะไมเลสสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 β-amylase พบในพืชชั้นสูง เช่น เบอร์รี่ มันฝรั่งหวาน และมอลท์ อะไมเลสชนิดนี้สามารถย่อยสลายพันธะ α-1,4-glucosidic ในโมเลกุลของพอลิแซ็กคาไรด์โดยตัด maltose ออกครั้งละ 1 โมเลกุลจากปลายด้าน non-reducing (ปรางทิพย์, 2548)

2.2 γ-amylase หรือ glucoamylase สามารถย่อยสลายพันธะ α-1,4-glucosidic ได้ทุกตำแหน่งในโมเลกุลของพอลิแซ็กคาไรด์ได้ผลิตผลเป็นน้ำตาลกลูโคส (ปรางทิพย์, 2548)

3. ดีบรานช์ชิ่ง เอนไซม์ (debranchimg enzyme) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายพันธะ α-1,6-glucosidic ซึ่งไม่สามารถถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ α-amylase และ β-amylase ได้เป็น α และ β limit dextrins (Hill and McGregor, 1988)

อินเวอร์เทส (Invertase)

เอนไซม์อินเวอร์เทส คือ เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายซูโครสไปเป็นกลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ (irreversible reaction) (Kim *et al*., 2000) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามความสามารถในการละลายน้ำดังนี้

1. soluble invertase ประกอบด้วย vaculolar invertase คือ อินเวอร์เทสที่อยู่ในแวคิวโอล สามารถทำงานได้ดีในสภาพเป็นกรด (acid invertase) (pH~5) และ cytoplasmic invertase คือ อินเวอร์เทสที่อยู่ในไซโตพลาสซึม สามารถทำงานได้ดีในสภาพเป็นกลางหรือเบส (neutral/alkaline invertase) (pH~7.0-7.8) (Ma *et al*., 2000; Sherson *et al*., 2003; Pramanik *et al*., 2004)

2. insoluble invertase คือ cell wall invertase หรือ extracellular invertase เป็นอินเวอร์เทสที่อยู่ที่ผนังเซลล์ สามารถทำงานได้ดีในสภาพเป็นกรด (acid invertase) (pH~4.5) (Zhou, 2000; Andersen *et al*., 2002)

ในการย่อยสลายซูโครสไปเป็นกลูโคสและฟรุกโตสโดยเอนไซม์อินเวอร์เทส และการเคลื่อนที่ของซูโครสไปยังส่วนต่างๆของพืชนั้น เกิดขึ้นเพื่อให้พืชใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางชีวเคมี (biochemical) และแหล่งที่อยู่ (subcellular locations) ดังที่มีรายงานว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

acid invertase มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ใช้ในการเจริญของเนื้อเยื่อที่ต้องใช้เฮกโซส (hexose) เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน (ap Rees, 1974) หรือใช้ความแตกต่างของความเข้มข้นของซูโครสในการขับเคลื่อนซูโครสจากแหล่งสร้างอาหาร (source) ไปยังแหล่งรับอาหาร (sink) (Eschrich, 1980) และอาจใช้ในการควบคุมความเต่งของเซลล์ เช่น การขยายขนาดของเซลล์ (cell expansion) (Meyer and Boyer, 1981; Wyse *et al*., 1986; Perry *et al*., 1987) ควบคุมการสะสมของน้ำตาลในแหล่งสะสมต่างๆ เช่น ผล (Klann *et al*., 1993) ดอก ลำต้น และราก นอกจากนี้อินเวอร์เทสยังเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น การเกิดบาดแผล หรือการเข้าทำลายของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ในแครอทและมะเขือเทศ ตามลำดับ (Sturm and Chrispeels, 1990; Benhamou *et al*., 1991)

อย่างไรก็ตาม การทำงานของอินเวอร์เทสยังขึ้นกับชนิดของพืชด้วย Bhowmik *et al*. (2001) ได้ทำการทดลองกับหน่อไม้ฝรั่งในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม พบว่า acid invertase จะมีการทำงานเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมีนาคมจนกระทั่งถึงเดือนมิถุนายนแล้วจึงลดลงเป็นในทำนองเดียวกับปริมาณกลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งตรงข้ามกับปริมาณของซูโครส พบว่ามีปริมาณต่ำลงในเดือนมีนาคมและมีปริมาณต่ำที่สุดในเดือนมิถุนายนแล้วจึงเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า acid invertase น่าจะย่อยสลายซูโครสให้เป็นกลูโคสและฟรุกโตส จึงทำให้ซูโครสมีปริมาณลดลง แล้วเพิ่มปริมาณกลูโคสและฟรุกโตสขึ้น เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆ นอกจากนี้ ยังพบว่าปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของอินเวอร์เทสเช่นกัน โดย Kazunori *et al*. (2005) ทำการทดลองในมันฝรั่ง รายงานว่า การเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่ามีการทำงานของอินเวอร์เทสสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสภาพการปลูกเลี้ยงที่มีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกหงส์เหิน

ช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) ที่ใช้ศึกษาทดลอง เป็นพันธุ์การค้าที่มีช่อดอกสีชมพูม่วงพันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ซึ่งปลูกโดยเกษตรกรสองราย ในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2552 ถึงเดือนกันยายน 2552 โดยเกษตรกรทั้งสองรายมีระบบการปลูกเลี้ยงหงส์เหินแตกต่างกันดังนี้

เกษตรกรรายที่ 1 ปลูกเลี้ยงหงส์เหินโดยการนำหัวพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้ในฤดูกาลก่อนหน้ามาปลูกลงแปลงกลางแจ้ง (ไม่พรางแสง) ที่มีขนาดความกว้าง 80 เซนติเมตร (ความยาวของแปลงขึ้นอยู่กับความยาวของพื้นที่ที่มีอยู่) และมีความสูงของแปลงประมาณ 25-30 เซนติเมตร ในการปลูกจะวางหัวพันธุ์ในแนวนอน จำนวน 1-2 หัว ต่อหลุม หลุมลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร โดยปลูกสับหว่างแถว ระยะปลูก 40 x 40 เซนติเมตร คลุมแปลงด้วยฟาง ดินปลูกมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย ได้รับน้ำฝนตามธรรมชาติ (ไม่มีการรดน้ำเพิ่ม) หลังจากปลูกประมาณ 1 เดือน เมื่อหัวพันธุ์เริ่มงอก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณ 5 กรัมต่อหลุม เดือนละ 1 ครั้ง โรยบริเวณช่องว่างระหว่างต้น

เกษตรกรรายที่ 2 ปลูกเลี้ยงหงส์เหินโดยการนำหัวพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้ในฤดูกาลก่อนหน้ามาปลูกลงถุงพลาสติกสีดำขนาด 8 x 12 ตารางนิ้ว ภายใต้สภาพแสงธรรมชาติ โดยวางหัวพันธุ์ในแนวนอนจำนวน 2-3 หัว ในหลุมลึกประมาณ 10 เซนติเมตร กลบหัวพันธุ์ด้วยดินและคลุมด้วยฟาง วัสดุปลูกที่ใช้คือดินผสมแกลบอัตราส่วน 1 ต่อ 2 ให้น้ำโดยใช้ระบบสปิงเกอร์ ให้สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครั้งละครึ่งชั่วโมง หลังจากปลูกประมาณ 1 เดือน เมื่อหัวพันธุ์เริ่มงอกใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณ 5 กรัมต่อถุง (แบ่งเป็น 2 จุดใส่ตรงข้ามกัน) เดือนละ 1 ครั้ง

ภายหลังจากตัดช่อดอก ขนส่งช่อดอกโดยวิธีการบรรจุแบบเปียกโดยรถยนต์ขนส่งประจำทางปรับอากาศมายังห้องปฏิบัติการ จากนั้นนำก้านช่อดอกไปแช่ในน้ำ และคัดเลือกช่อดอกที่มีคุณภาพดี สม่ำเสมอ ใบประดับไม่ช้ำ ทำการตัดก้านช่อดอก โดยวัดระยะตั้งแต่โคนช่อดอกจนถึงปลายก้านช่อดอกยาว 25 เซนติเมตร และตัดโคนก้านช่อดอกเฉียงเป็นมุมประมาณ 45 องศา นำมาปักแจกันในน้ำกลั่นและทำการทดลองดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 2 Factorial in CRD โดยมี 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 สภาพการปลูกเลี้ยง

- การปลูกเลี้ยงของเกษตรกรรายที่ 1
- การปลูกเลี้ยงของเกษตรกรรายที่ 2

ปัจจัยที่ 2 จำนวนใบที่คงไว้บนก้านช่อดอก

- ไม่มีใบ
- มี 1 ใบ

ทรีทเมนต์สำหรับการทดลอง คือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงแปลง (ไม่มีใบ) ปักแจกันในน้ำกลั่น

ทรีทเมนต์ที่ 2 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงแปลง มีใบติดที่ก้านช่อดอก 1 ใบ ปักแจกันในน้ำกลั่น

ทรีทเมนต์ที่ 3 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงถุงพลาสติก (ไม่มีใบ) ปักแจกันในน้ำกลั่น

ทรีทเมนต์ที่ 4 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงถุงพลาสติก มีใบติดที่ก้านช่อดอก 1 ใบ ปักแจกันในน้ำกลั่น

โดยในแต่ละทรีทเมนต์มี 5 จำนวนซ้ำ กำหนดให้ 1 จำนวนซ้ำ มีช่อดอกหงส์เหิน 1 ช่อดอก

การบันทึกผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับ

2. อัตราการดูดน้ำ (มิลลิลิตร/ช่อดอก)

3. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)

4. อัตราการผลิตเอทิลีน

5. อัตราการหายใจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. อายุปักแจกัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของเอทิลีนจากภายนอกที่มีต่อการเสื่อมสภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกเลี้ยงในสภาพแตกต่างกัน

คัดเลือกช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกเลี้ยงที่แตกต่างกันของเกษตรกรสองรายในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (สวนเดียวกับที่ใช้ศึกษาวิจัยในการทดลองที่ 1) ที่มีคุณภาพดี มีความสม่ำเสมอ จากนั้นทำการตัดก้านช่อดอกโดยวัดระยะตั้งแต่โคนช่อดอกจนถึงปลายก้านช่อดอกยาว 25 เซนติเมตร ตัดเฉียงประมาณ 45 องศา เหลือใบไว้ที่ก้านช่อดอกจำนวน 1 ใบ นำมาปักแช่ในน้ำกลั่นและทำการทดลองดังนี้

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial in CRD โดยมี 2 ปัจจัยดังนี้

ปัจจัยที่ 1 สภาพการปลูกเลี้ยง (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1)
- การปลูกเลี้ยงของเกษตรกรรายที่ 1
- การปลูกเลี้ยงของเกษตรกรรายที่ 2

ปัจจัยที่ 2 สารที่ได้รับ
- ไม่ได้รับสาร (control)
- ได้รับ เอทิลีน ความเข้มข้น 0.5 ppm ระยะเวลา 24 ชั่วโมง
- ได้รับ 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ก่อนได้รับ เอทิลีน ความเข้มข้น 0.5 ppm ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

การเตรียม 1-MCP ทำโดยชั่งสารผง 1-MCP จำนวน 0.053 กรัม ใส่ในขวดแก้วจากนั้นใช้เข็มฉีดยาดูดน้ำกลั่น 1.0 มิลลิลิตร หยดลงบนสาร 1-MCP ปฏิกิริยาเคมีของ 1-MCP และน้ำจะปลดปล่อย 1-MCP ในรูปของก๊าซ ในการให้สาร 1-MCP แก่หงส์เหินจะทำในตู้พลาสติกปิดสนิทขนาด 37.6 x 47.8 x 37.6 เซนติเมตร (ปริมาตร 0.067 ลูกบาศก์เมตร) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส รมเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ทรีทเมนต์สำหรับการทดลอง คือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงแปลง ปักแจกันในน้ำกลั่น

ทรีทเมนต์ที่ 2 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงแปลง ปักแจกันในน้ำกลั่น + เอทิลีน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทรีทเมนต์ที่ 3 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงแปลง ปักแจกันในน้ำกลั่น + 1-MCP + เอทิลีน

ทรีทเมนต์ที่ 4 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงถุงพลาสติก ปักแจกันในน้ำกลั่น

ทรีทเมนต์ที่ 5 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงถุงพลาสติก ปักแจกันในน้ำกลั่น + เอทิลีน

ทรีทเมนต์ที่ 6 ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกลงถุงพลาสติก ปักแจกันในน้ำกลั่น + 1-MCP + เอทิลีน

โดยในแต่ละทรีทเมนต์มี 5 จำนวนซ้ำ กำหนดให้ 1 จำนวนซ้ำ มีช่อดอกหงส์เหิน 1 ช่อดอก

การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ทั้งนี้ได้เพิ่มการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสีของใบ

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพของหัวพันธุ์หงส์เหินภายหลังการเก็บรักษา

หัวพันธุ์หงส์เหิน (*Globba williamsiana*) ที่ใช้ศึกษาทดลองเป็นหัวพันธุ์ที่ให้ช่อดอกพันธุ์การค้าที่มีช่อดอกสีชมพูม่วง ‘Giant Violet Dancing Girl’ โดยทำการจัดซื้อจากแปลงของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ ทั้งนี้หัวพันธุ์ที่ใช้ศึกษาเป็นหัวพันธุ์สดที่เก็บเกี่ยวจากฤดูกาลที่ผ่านมามีรากสะสมอาหารสมบูรณ์ และผ่านกระบวนการป้องกันการเกิดเชื้อรา ขนส่งโดยบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกมายังห้องปฏิบัติการ ทำการคัดขนาดหัวพันธุ์โดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ จากนั้นเก็บรักษาหัวพันธุ์โดยบรรจุหัวพันธุ์ลงในกล่องกระดาษลูกฟูกที่มีกระดาษฝอยรองรับ แล้วนำไปไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 87-92 % ทำการตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 30 วัน เป็นระยะเวลา 6 เดือน

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in CRD มี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา

- เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

(อุณหภูมิในการทดลอง 9 – 12 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 10.2 องศาเซลเซียส)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส
(อุณหภูมิในการทดลอง 15 – 16 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 15.2 องศาเซลเซียส)
- เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
(อุณหภูมิในการทดลอง 23 – 28 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 10.1 องศาเซลเซียส)

ปัจจัยที่ 2 ขนาดของหัวพันธุ์

- หัวขนาดเล็ก (น้ำหนักน้อยกว่า 8 กรัม)
- หัวขนาดกลาง (น้ำหนัก 8-15 กรัม)
- หัวขนาดใหญ่ (น้ำหนักมากกว่า 15 กรัม)

โดยกำหนดให้ในแต่ละทรีทเมนต์มี 3 จำนวนซ้ำ กำหนดให้ 1 จำนวนซ้ำ มีหัวพันธุ์จำนวน 15 หัว

ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่
(น้อยกว่า 8 กรัม) (8-15 กรัม) (มากกว่า15 กรัม)

ภาพที่ 3 ขนาดของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ทำการเก็บรักษา

การบันทึกผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)

2. ความแน่นเนื้อ (ใช้หัวเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 cm)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อัตราการผลิตเอทิลีน

4. อัตราการหายใจ

5. ปริมาณแป้ง

6. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar)

7. กิจกรรมเอนไซม์ α-amylase

8. กิจกรรมเอนไซม์ vaculolar invertase

วิธีการบันทึกผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับและใบ โดยนำช่อดอกหงส์เหินมาวัดสีที่ใบประดับในตำแหน่งที่ 6 นับจากโคนของช่อดอกและใบโดยใช้ color meter ซึ่งรายงานผลเป็นค่าในระบบ Hunter scale ประกอบด้วยค่าต่าง ๆ ดังนี้

- L เป็นค่าที่รายงานความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ซึ่ง L สูง หมายถึง มีความสว่างมาก และค่า L ต่ำ หมายถึง มีสีเข้มมาก
- ค่า Hue หมายถึงสีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง เขียว และน้ำเงิน
- ค่า Chroma (C; saturation) หมายถึงความสดใส ความเข้มหรือความบริสุทธิ์ของสี

ภาพที่ 4 ตำแหน่งของใบประดับที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงสีของช่อดอกหงส์เหิน(*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด โดยบันทึกน้ำหนักช่อดอกหงส์เหินตั้งแต่เริ่มปักแจกันจนกระทั่งช่อดอกหมดอายุการใช้งาน และบันทึกน้ำหนักหัวพันธุ์หงส์เหินตลอดการเก็บรักษา คำนวณการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของช่อดอกและหัวพันธุ์เป็นเปอร์เซนต์ โดยให้น้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 100

$$\text{การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักสดในแต่ละวัน(เดือน)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3. อัตราการดูดน้ำ (มิลลิลิตร/ช่อ) คำนวณหาปริมาณน้ำในหลอดพลาสติกก้นแหลม (Falcon tube) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่หายไปในแต่ละวัน โดยยกก้านช่อดอกให้พ้นเหนือระดับน้ำขณะอ่านค่า

4. อัตราการผลิตเอทิลีน นำช่อดอกหงส์เหิน 1 ช่อหรือหัวพันธุ์หงส์เหิน 10 หัว มาชั่งน้ำหนักแล้วนำไปใส่ในโหลพลาสติกปริมาตร 7,934 มิลลิลิตร สำหรับช่อดอกและปริมาตร 1,800 มิลลิลิตรสำหรับหัวพันธุ์ ปิดฝาโหลให้สนิทนาน 2 ชั่วโมงสำหรับช่อดอก และ 1 ชั่วโมง สำหรับหัวพันธุ์ หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างก๊าซ 1 มิลลิลิตร โดยใช้หลอดฉีดยา นำก๊าซไปวิเคราะห์ปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatograph (Shimadzu GC-14A) ที่ติดตั้งด้วย flame ionization detector (FID) มี Porapack N 80/100 บรรจุในท่อเหล็กไร้สนิม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร ยาว 2.1 เมตร ขณะวิเคราะห์คอลัมน์ (column) มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาณเอทิลีนที่วัดได้มีค่าเป็นส่วนในล้านส่วน (ppm) เปรียบเทียบกับก๊าซเอทิลีนมาตรฐาน แล้วนำไปคำนวณหาอัตราการผลิตเอทิลีนซึ่งมีหน่วยเป็น นาโนลิตรเอทิลีน/กรัม/ชั่วโมง

5. อัตราการหายใจ เก็บตัวอย่างก๊าซเช่นเดียวกับการวัดอัตราการผลิตเอทิลีน แต่นำไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเครื่อง gas chromatograph (Shimadzu GC-RIA) ที่ติดตั้งด้วย thermal conduction detector (TCD) มี silica gel 60/80 บรรจุในคอลัมน์ที่เป็นท่อเหล็กไร้สนิม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร ยาว 3.4 เมตร ขณะวิเคราะห์คอลัมน์มีอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจที่วัดได้มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/กรัม/ชั่วโมง

6. อายุปักแจกัน โดยบันทึกจำนวนวันตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งช่อดอกหงส์เหินหมดอายุการใช้งาน โดยสังเกตจากการเหี่ยวหรือการเปลี่ยนแปลงสีใบประดับของช่อดอกหงส์เหิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงสีหรือเหี่ยวเกิน 50 % จากจำนวนใบประดับทั้งหมดในช่อดอก ถือว่าช่อดอกนั้นสิ้นอายุการใช้งาน

7. การวิเคราะห์ปริมาณ Total sugars ตามวิธีของ Nelson's reducing sugar (Hodge และ Hofreiter, 1962) ดังนี้

การเตรียมตัวอย่างพืช

นำหัวพันธุ์หงส์เหินไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาประมาณ 7 วัน หรือจนกระทั่งน้ำหนักของหัวพันธุ์คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างให้ละเอียด

การสกัด Total sugars จากตัวอย่างพืช

ชั่งตัวอย่างพืชที่อบแห้งสนิทและบดละเอียดมา 0.1 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม ethanol ความเข้มข้น 50% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิดปากภาชนะด้วยอลูมินัมฟอยล์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เขย่าขวดรูปชมพู่ทุกๆ 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ดูดสารละลายเจือจาง 2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร เติม HCl ความเข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปต้ม 15 นาที จากนั้นนำหลอดทดลองมาแช่ในน้ำเย็น เติม NaOH ความเข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ดูดสารละลายสกัด 1 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ด้วยวิธี Nelson's reducing sugar

การวิเคราะห์ปริมาณ Total sugars ด้วยวิธี Nelson's reducing sugar procedures (Hodge and Hofreiter, 1962) โดยใช้สารละลายตัวอย่างที่สกัดได้เรียบร้อยแล้ว 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Alkaline copper reagent ลงไปหลอดละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี แล้วปิดด้วยอลูมินัมฟอยล์ นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 15 นาที จากนั้นทำให้เย็นลง เติมสารละลาย Arsenomolydic reagent ลงไปหลอดละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ตะกอนละลายให้หมดแล้วจึงเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 12.5 มิลลิลิตร นำสารละลายไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) จากเครื่อง spectrophotometer (Spectronic Unicam Genesys 10 UV) ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร แล้วนำค่ามาเปรียบเทียบกับสารละลาย D-glucose มาตรฐาน คำนวณปริมาณเปรียบเทียบกับมิลลิกรัม D-glucose ต่อกรัมน้ำหนักแห้งจากสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณ Total sugar} = \frac{\text{ค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ x ปริมาตรที่ปรับในขั้นตอนการสกัด (50 มิลลิลิตร)}}{\text{น้ำหนักแห้ง (0.1 กรัม)}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตรียมสารละลาย Alkaline copper reagent

สารละลายที่ 1 ชั่งสาร anhydrous sodium carbonate (Na_2CO_3) จำนวน 25 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เติม potassium sodium tartate ($C_4H_4KNaO_6.4H_2O$) จำนวน 12 กรัม เติมสารละลาย copper sulfate ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ($CuSO_4.5H_2O$ 4 กรัม ละลายในน้ำ 40 มิลลิลิตร) จากนั้นเติมสาร sodium bicarbonate ($NaHCO_3$) จำนวน 16 กรัม

สารละลายที่ 2 ชั่งสาร anhydrous sodium sulfate (Na_2SO_4) จำนวน 180 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

ผสมสารละลายที่ 1 และ 2 เข้าด้วยกันแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำมากรองแล้วเก็บสารละลายไว้ที่อุณหภูมิห้อง

การเตรียมสาร Arsenomolydic reagent

สารละลายที่ 1 ชั่งสาร ammonium molybdate ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$) จำนวน 50 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 900 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสาร sulfuric acid (H_2SO_4) เข้มข้น ปริมาตร 42 มิลลิลิตร

สารละลายที่ 2 ชั่งสาร disodium hydrogen arsenate ($Na_2HAsO4.7H_2O$) จำนวน 6 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

ผสมสารละลายโดยค่อยๆเติมสารละลายที่ 2 ลงในสารละลายที่ 1 แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายไว้ที่อุณหภูมิห้อง

8. การวิเคราะห์ปริมาณแป้งด้วยวิธี tritimetric ของ AOAC (1984)

นำตัวอย่างมาอบให้แห้ง แล้วบดให้ละเอียด นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง หนัก 0.1 กรัม แล้วนำตัวอย่างที่ชั่งแล้วใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติมทรายละเอียด 200 มิลลิกรัม และน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปแช่ในน้ำเดือดนาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำหลอดแช่ลงในน้ำอุณหภูมิ 22-25 องศาเซลเซียส เติม $HClO_4$ ความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งเขย่าหลอด ใช้แท่งแก้วบดที่ก้นหลอดด้านใน หลอดละประมาณ 1 นาที ทำการบดซ้ำเป็นช่วง ๆ จนครบ 30 นาที รีบเทสารละลายทั้งหมดลงในขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร ซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่เล็กน้อย แล้วเติมสารละลาย uranyl acetate ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสารละลายเป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายบางส่วนไปปั่นตกตะกอนด้วยความเร็ว 14,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที รินสารละลายส่วนใส 10 มิลลิลิตร ใส่ลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในหลอดขนาด 50 มิลลิลิตร เติม celite จำนวน 100 มิลลิกรัม สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และน้ำยา I-KI ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 1 คืนที่อุณหภูมิห้อง

นำสารละลายที่ได้ไปปั่นตกตะกอนด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ค่อยๆรินสารละลายส่วนใสทิ้ง เหลือส่วนของตะกอนก้นหลอด คือ ตะกอนของ starch – iodine complex และ celite ล้างตะกอนด้วย alc. NaCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร (ethanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 350 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ผสมกับ NaCl ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร) เขย่าให้เข้ากัน นำไปปั่นตกตะกอนเช่นเดียวกับขั้นตอนข้างต้น จากนั้นค่อยๆรินสารละลายส่วนใสด้านบนทิ้ง เติมน้ำยา alc. NaOH ปริมาตร 2 มิลลิลิตร (ethanol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 350 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร NaOH ความเข้มข้น 5 N ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร) เพื่อช่วยให้ตะกอนอัดตัวกันแน่น เขย่าเบาๆจนตะกอนไม่มีสีน้ำเงิน ล้างหลอดด้านในด้วย alc. NaCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปปั่นตกตะกอนเช่นเดียวกับขั้นตอนข้างต้น ค่อยๆรินสารละลายส่วนใสทิ้งแล้วล้างตะกอนด้วยน้ำยา alc. NaCl ซ้ำอีกครั้ง เขย่าให้ตะกอนแขวนลอย นำไปปั่นตกตะกอนเช่นเดียวกับขั้นตอนข้างต้น จากนั้นค่อยๆถ่ายตะกอนทั้งหมดใส่หลอดทดลองขนาด 12 มิลลิลิตร เติมกรด HCl ความเข้มข้น 0.7 N ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปิดปากด้วยอลูมินัมฟอยล์ นำไปแช่ในน้ำเดือดนาน 2.5 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาแช่ในน้ำเย็น แล้วเทสารละลายทั้งหมดลงในขวดรูปชมพู่ เติม phenol red 1 หยด นำสารละลายที่ได้มาปรับสภาพเป็นกลางด้วย NaOH ความเข้มข้น 1 N (สารละลายจะเปลี่ยนสีเป็นสีบานเย็น) เติมสารละลาย oxalic acid ($C_2H_2O_4$) ความเข้มข้น 0.1 N ทีละน้อยจนสารละลายไม่มีสี ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากันจนสารละลายมีสีเหลืองจาง นำสารละลายปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Somogyi phosphate sugar reagent ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดด้วยอลูมินัมฟอยล์ นำไปแช่ในน้ำเดือด นาน 15 นาที พร้อมด้วย blank (น้ำกลั้น 5 มิลลิลิตรกับ reagent 5 มิลลิลิตร) จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติม KI ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงข้างหลอดด้านใน โดยไม่ให้กระเทือนผิวหน้าของสาร เติม H_2SO_4 ความเข้มข้น 1.5 N ปริมาตร 3 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็วพร้อมกับเขย่าให้เข้ากัน

นำสารละลายมาไทเทรตด้วยน้ำยา sodium thiosulphate ($Na_2S_2O_3$) มาตรฐาน ความเข้มข้น 0.005 N เมื่อใกล้ถึงจุดสมดุลปฏิกิริยา (สารละลายมีสีเหลืองจาง) เติมสารละลายแป้ง (ใช้เป็น starch indicator) จำนวน 1-2 หยด ทำให้สารละลายมีสีชา เมื่อไทเทรตจนถึงจุดสมดุลปฏิกิริยา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน (เมื่อหยด starch indicator ลงไปจะไม่เกิดตะกอนสีน้ำเงินอีก) ทำการไทเทรต blank เช่นเดียวกัน คำนวณหาเปอร์เซ็นต์แป้งจากสูตร ดังนี้

$$\% \text{ Starch} = [\text{dilution factor} \times (\text{ml. blank} - \text{ml. sample}) \times \frac{\text{factor glucose to starch}}{\text{mg.sample (0.1 กรัม)}}] \times \frac{N}{0.005} \times G \times 100$$

dilution factor = 50

factor glucose to starch = 0.9

N = N ของ $Na_2S_2O_3$ Solution ที่ได้จากการทำ standard

G = จำนวนมิลลิกรัมของ glucose ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 0.005 N $Na_2S_2O_3$ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ซึ่งคำนวนได้จากสูตร G = 0.75/(ml. blank – ml. glucose)

ในการคำนวนหาค่า G สามารถทำได้โดยชั่ง glucose มาตรฐาน จำนวน 150 มิลลิกรัม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 1 ลิตร นำสารละลาย glucose มาตรฐานปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร เติม Somogyi phosphase sugar reagent 5 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดด้วยอลูมินัมฟอยล์ นำไปแช่ในน้ำเดือดนาน 15 นาที พร้อมกับ blank จำนวน 3-4 หลอด เมื่อสารละลายเย็นลงจึงไทเทรตด้วยน้ำยา sodium thiosulfate มาตรฐาน

การเตรียมสารละลาย Somogyi phosphate sugar reagent

ชั่งสาร anhydrous disodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) จำนวน 56 กรัม และ potassium sodium tartate ($C_4H_4KNaO_6.4H_2O$) จำนวน 80 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย 1 N NaOH ปริมาตร 200 มิลลิลิตร จากนั้นค่อยๆเติมสารละลาย 10% copper sulfate ปริมาตร 160 มิลลิลิตร ลงไป เติม anhydrous sodium sulfate (Na_2SO_4) จำนวน 360 กรัม แล้วเทสารละลายทั้งหมดลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 2 ลิตร เติมสารละลาย 0.1 N potassium iodate (KIO_3) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 2 ลิตร ผสมให้สารละลายเข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง เก็บสารละลายไว้ในอุณหภูมิห้อง

9. กิจกรรมเอนไซม์ α-amylase และ Invertase

9.1 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ α-amylase ดัดแปลงตามวิธีของ Bernfeld (1955) ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำตัวอย่างพืช 1 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติมบัฟเฟอร์ที่เย็นจัดซึ่งประกอบไปด้วย Tris-HCl buffer (pH 7.5) ความเข้มข้น 50 mM EDTA ความเข้นข้น 1 mM ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นกรองด้วยผ้ากรอง แล้วนำไปปั่นตกตะกอนด้วยความเร็ว 14,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 45 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสที่ได้ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร เติม $CaCl_2$ ความเข้มข้น 20 mM ปริมาตร 0.45 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ในการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ α-amylase สามารถทำได้โดยนำสารสกัดเอนไซม์ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร มาเติม sodium acetate (CH_3COONa) (pH 6) ความเข้มข้น 100 mM $CaCl_2$ ความเข้มข้น 10 mM ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เริ่มทำปฏิกิริยาโดยใส่สารละลายแป้ง (starch solution) ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติม DNSA reagent (DNS ความเข้มข้น 40 mM + NaOH ความเข้มข้น 0.4 M + $C_4H_4KNaO_6.4H_2O$ ความเข้มข้น 1 M) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำแข็ง ปรับปริมาตรให้ได้ 7 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร จากนั้นนำสารสกัดเอนไซม์มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีมาตรฐาน Bradford (1976) ค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่วัดได้มีหน่วยเป็นมิลลิโมล D-glucose ต่อมิลลิกรัมโปรตีน

9.2 การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ Invertase ดัดแปลงตามวิธีของ Pramanik *et al.* (2004) ดังนี้

นำตัวอย่างพืช 2 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติม polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) ความเข้มข้น 1% และเติม citrate-phosphate บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.2 M (citric acid ความเข้มข้น 0.1 M + sodium phosphate ความเข้มข้น 0.2 M) pH 5.0 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำมาปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นกรองด้วยผ้ากรอง 3 ชั้น แล้วนำไปปั่นตกตะกอนด้วยความเร็ว 14,000 g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสที่ได้มาใส่ถุงไดอะไลซ์ แช่ลงใน citrate-phosphate buffer pH 5.0 ความเข้มข้น 0.2 M (ที่เจือจางแล้ว 40 เท่า) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ส่วนของ vaculolar invertase จะละลายอยู่ในสารละลายภายในถุงไดอะไลซ์ ขั้นตอนทั้งหมดทำที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

ในการวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์อินเวอร์เทส สามารถทำได้โดยนำเอนไซม์ที่สกัดได้ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร เติม citrate-phosphate buffer ความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เข้มข้น 0.2 M pH 5.0 ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ซูโครส ความเข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และนำตัวอย่างมาปรับความเป็นกรดเบสให้เป็นกลางด้วย NaOH ความเข้มข้น 1.0 N หรือ HCl ความเข้มข้น 1.0 N นำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีการของ Nelson (Hodge and Hofreiter, 1962) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร จากนั้นนำสารสกัดเอนไซม์มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีมาตรฐาน Bradford (1976) ค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่วัดได้มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม D-glucose ต่อมิลลิกรัมโปรตีน

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ Bradford (1976)

การเตรียมสารละลาย coomassie blue

ชั่งสาร coomassie blue จำนวน 0.1 กรัม นำมาละลายในเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ผสมจนกระทั่ง coomassie blue ละลายหมด ทำการเติมสาร phosphoric acid (H_3PO_4) ความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นและนำไปกรองด้วยกระดาษ Whatman เบอร์ 2

การเตรียมสารละลายโปรตีนมาตรฐาน bovine serum albumin (BSA)

ชั่งสาร BSA 0.0026 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายในสารละลายบัฟเฟอร์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ได้เป็นสารละลายโปรตีน 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากนั้นนำมาเจือจางด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ เพื่อเตรียมสารละลาย BSA ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

การหาปริมาณโปรตีนในสารสกัดเอนไซม์

ดูดสารละลายส่วนใสที่สกัดได้จากการวิเคราะห์หาเอนไซม์มา 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย coomassie blue ปริมาณ 4 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณโปรตีนมาตรฐาน BSA กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร โดยรายงานผลเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือน มีนาคม 2552 ถึงเดือน มีนาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสภาพการปลูกเลี้ยงที่มีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกหงส์เหิน

1. การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับ

ในการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับช่อดอกหงส์เหิน พบว่า ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและในถุงพลาสติก รวมทั้งการปลิดใบหรือไว้ใบ 1 ใบบนช่อดอกภายหลังการเก็บเกี่ยว มีการเปลี่ยนแปลงสีของช่อดอกไปในทิศทางเดียวกัน โดยช่อดอกหงส์เหินจะมีค่าความสว่าง (L*) และความเข้มสี (C*) ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการปักแจกัน (ภาพที่ 5 A-B) แต่ทั้งนี้เมื่อช่อดอกหงส์เหินเริ่มเกิดการเสื่อมสภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับจากสีชมพูม่วงไปเป็นสีน้ำเงินม่วงและแห้งไปในที่สุด ซึ่งพิจารณาได้จากค่าของชนิดสี (Hue) ที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อช่อดอกหงส์เหินเกิดการเสื่อมสภาพ ทั้งนี้ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีชมพูม่วงไปเป็นสีน้ำเงินม่วงได้มากและเร็วกว่าในช่อดอกที่ได้จากการปลูกในแปลง (ภาพที่ 5 C และภาพที่ 6)

2. อัตราการดูดน้ำ

จากการทดลอง พบว่า อัตราการดูดน้ำของช่อดอกหงส์เหินตลอดระยะเวลาการปักแจกันมีแนวโน้มลดลง โดยช่อดอกหงส์เหินมีอัตราการดูดน้ำสูงที่สุดในวันที่ 3 ของการปักแจกัน ซึ่งช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและมีใบติดอยู่กับก้านช่อดอกมีอัตราการดูดน้ำมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและปลิดใบออก ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบติดอยู่ที่ก้านช่อดอกและช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออกตามลำดับ (ภาพที่ 7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของช่อดอกหงส์เหินที่ปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่าน้ำหนักสดของช่อดอกหงส์เหินมีแนวโน้มลดลงโดยตลอดระยะเวลาการปักแจกัน โดยเริ่มลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 5 ของการปักแจกัน ทั้งนี้ช่อดอกที่ปลิดใบออกหมดมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าในช่อดอกหงส์เหินที่มีใบติดอยู่ที่ก้านช่อดอก โดยช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าในช่อดอกที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก (ภาพที่ 8)

4. อัตราการผลิตเอทิลีน

จากการศึกษาอัตราการผลิตเอทิลีนของช่อดอกหงส์เหินที่ปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่า ช่อดอกหงส์เหินที่มีการปลูกเลี้ยงแตกต่างกันมีอัตราการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้หลังจากการปักแจกันไปแล้ว 9 วัน กลุ่มของช่อดอกที่ได้จากการปลูกในแปลงจะมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงกว่าในช่อดอกที่ได้จากการปลูกลงในถุงพลาสติกและเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจำนวนใบที่ติดอยู่กับช่อดอก เห็นได้ว่าช่อดอกหงส์เหินที่ปลิดใบออกมีแนวโน้มอัตราการผลิตเอทิลีนสูงกว่าในช่อดอกที่มีใบติดอยู่ (ภาพที่ 9A)

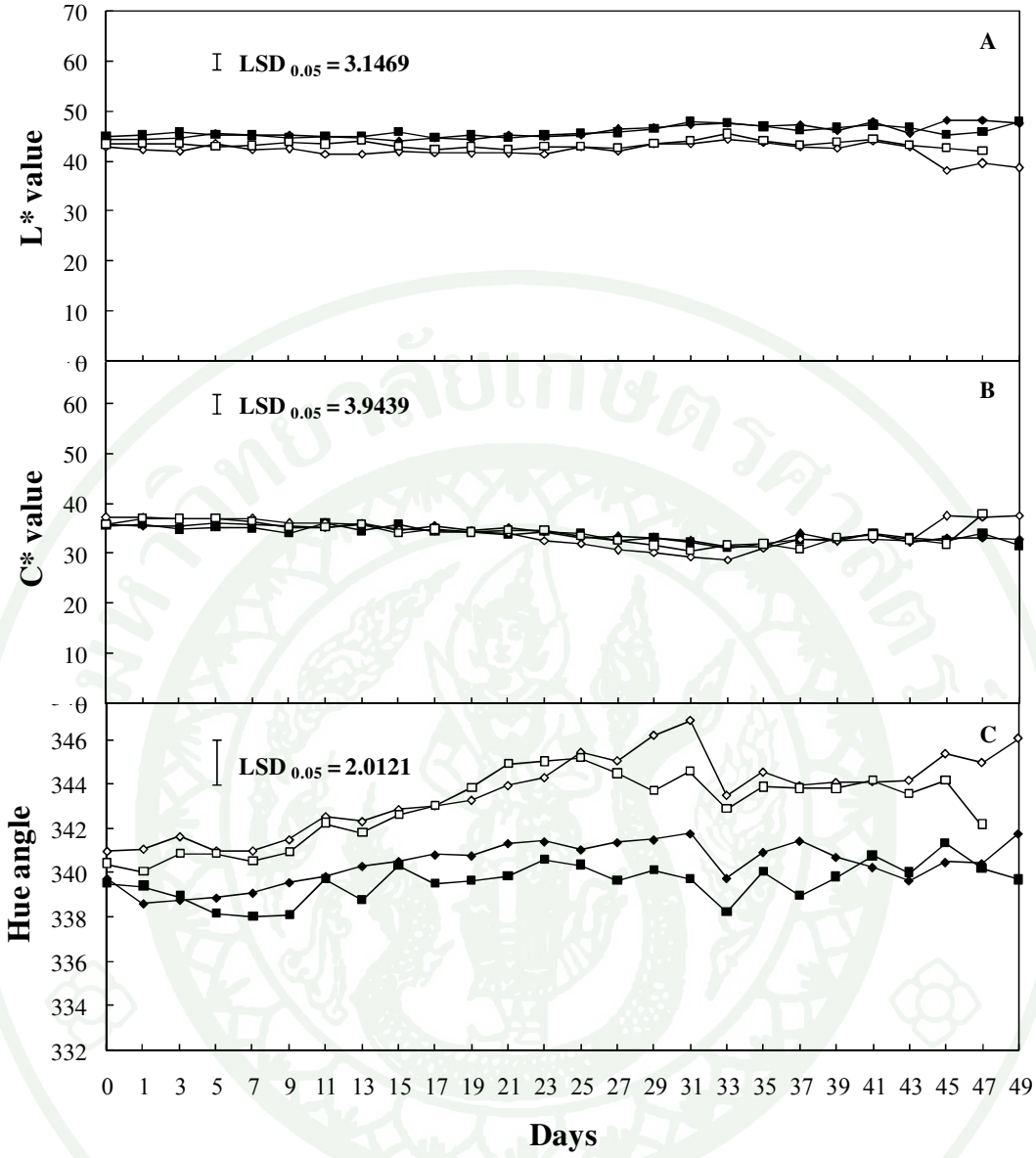
5. อัตราการหายใจ

จากการศึกษาอัตราการหายใจ พบว่า ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออก มีอัตราการหายใจสูงกว่าช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบติดที่ก้านช่อดอก และช่อดอกที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก (ภาพที่ 9B)

6. อายุปักแจกัน

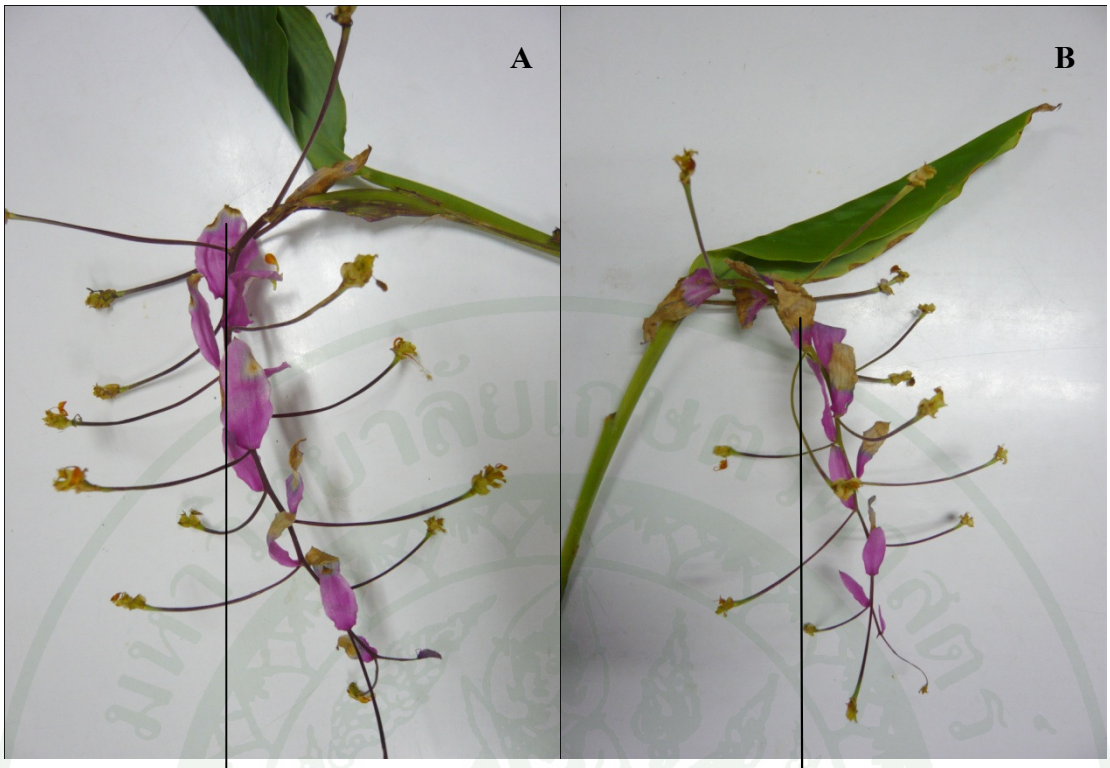
ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและถุงพลาสติก ทั้งที่ปลิดใบออกและมีใบติดอยู่ที่ก้านช่อดอก ภายหลังการปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่า อายุการปักแจกันของช่อดอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ มีอายุการปักแจกันโดยเฉลี่ย 39.4 44.2 37.4 และ 33.0 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงมีอายุการปักแจกันเฉลี่ยมากกว่าช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก (ตารางที่ 1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



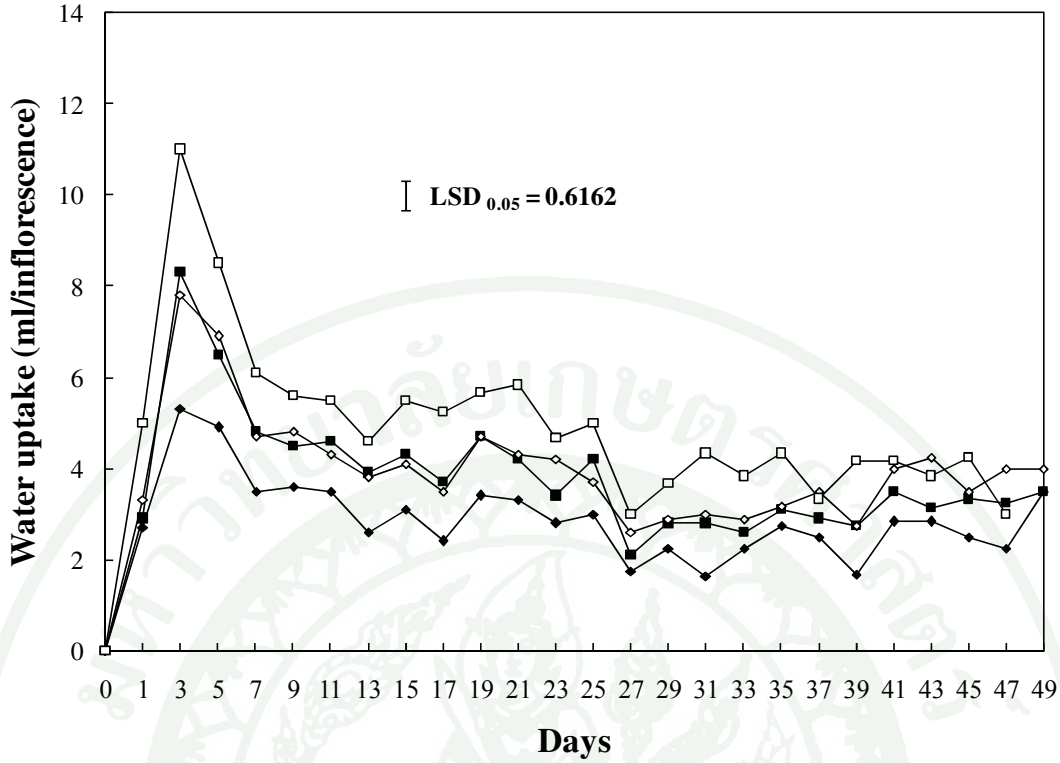
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับ ค่าความสว่าง (L*) (A) ค่าความเข้มสี (C*) (B) และค่าชนิดสี (Hue) (C) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออกทั้งหมด (♦) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (■) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและปลิดใบออกทั้งหมด (◊) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (□)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



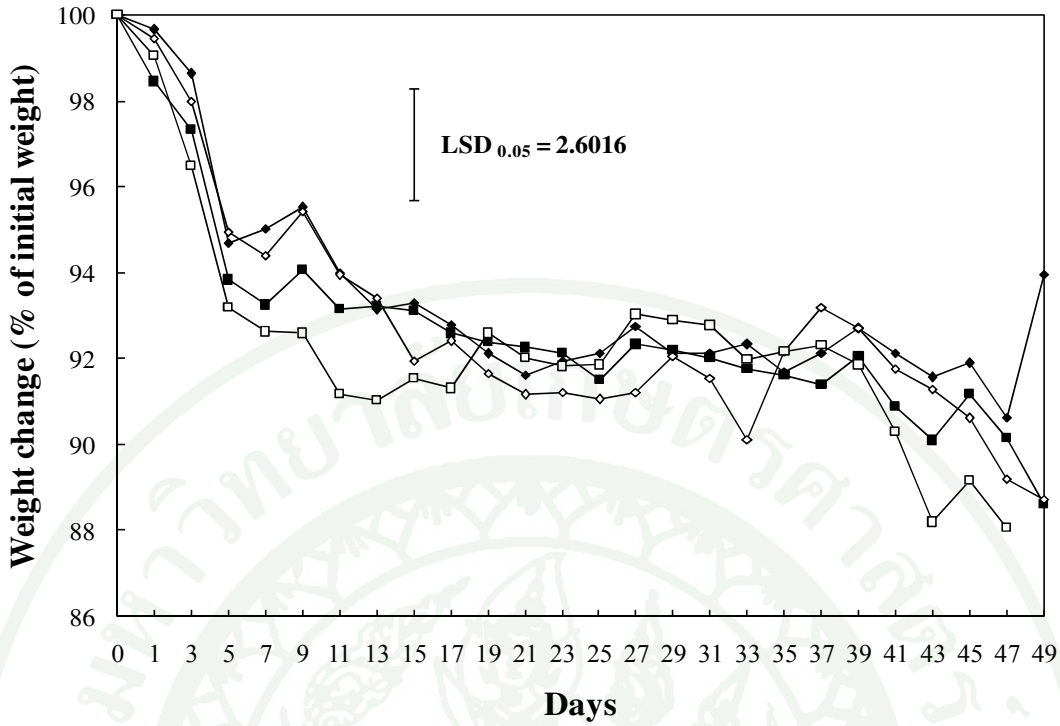
ภาพที่ 6 ลักษณะการเสื่อมสภาพของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับ (A) และการแห้งของใบประดับ (B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



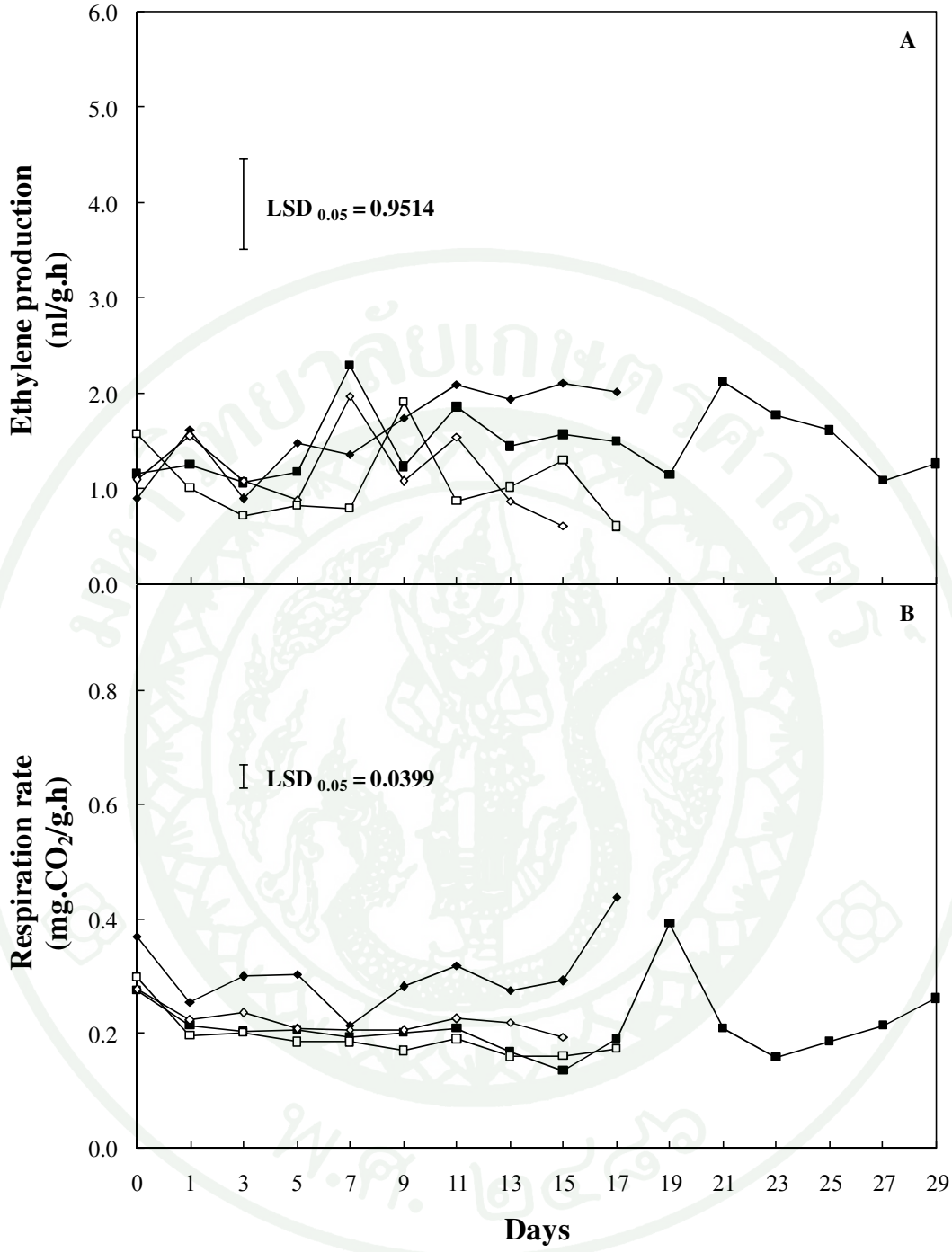
ภาพที่ 7 อัตราการดูดน้ำของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออกทั้งหมด (♦) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (■) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและปลิดใบออกทั้งหมด (◊) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (□)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออกทั้งหมด (♦) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (■) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและปลิดใบออกทั้งหมด (◊) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (□)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 อัตราการผลิตเอทิลีน (A) และอัตราการหายใจ (B) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลิดใบออกทั้งหมด (♦) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (■) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและปลิดใบออกทั้งหมด (◊) ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกและมีใบ 1 ใบบนก้านช่อดอก (□)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 อายุการปักแจกันของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น เปรียบเทียบจากสภาพการปลูกเลี้ยงและจำนวนใบที่ติดอยู่กับก้านช่อดอก

สภาพการปลูกเลี้ยง	การไว้ใบ		
	ไม่มีใบ	มีใบ	ค่าเฉลี่ย
แปลง	39.4	44.2	41.8[1/]
ถุงพลาสติก	37.4	33.0	35.2
ค่าเฉลี่ย	38.4[2/]	38.6	
			F-test
	สภาพการปลูกเลี้ยง		ns
	การไว้ใบ		ns
	สภาพการปลูกเลี้ยง x การไว้ใบ		ns
	C.V. (%)		28.54

[1/,2/] ตัวเลขที่ตามตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติโดยการเปรียบเทียบ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของเอทิลีนจากภายนอกที่มีต่อการเสื่อมสภาพของช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกเลี้ยงในสภาพแตกต่างกันภายหลังการเก็บเกี่ยว

1. การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับและใบ

การเปลี่ยนแปลงสีของช่อดอกหงส์เหินภายหลังการปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่า ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงมีสีของใบประดับอ่อนกว่าในช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก โดยพิจารณาจากค่าความสว่าง (L*) ที่มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเข้มสี (C*) ที่มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการปักแจกัน (ภาพที่ 10 A-B) และเมื่อช่อดอกเสื่อมสภาพใบประดับจะมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินม่วงและแห้งไปในที่สุด โดยช่อดอกที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกจะเกิดการเสื่อมสภาพ โดยใบประดับเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินม่วงมากกว่าในช่อดอกที่ได้จากการปลูกในแปลง ซึ่งพิจารณาได้จากค่าชนิดของสี (Hue) ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า ทั้งนี้ช่อดอกที่ได้รับสาร 1-MCP ร่วมกับเอทิลีนจากภายนอกจะเกิดการเสื่อมสภาพเร็วกว่าช่อดอกที่ไม่ได้รับสารหรือได้รับเอทิลีนเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 10 C) และในส่วนของสีใบ พบว่า ช่อดอกที่ได้จากการปลูกในแปลงมีสีของใบอ่อนกว่าใบของช่อดอกที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก โดยดูได้จากค่าความสว่าง (L*) และความเข้มสี (C*) ของใบที่ได้จากการปลูกในแปลงมีความแตกต่างกับใบที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้การได้รับสาร 1-MCP ร่วมกับเอทิลีนมีผลทำให้ใบของช่อดอกที่ได้จากการปลูกเลี้ยงในถุงพลาสติกเกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น (ภาพที่ 11 และ 12)

2. อัตราการดูดน้ำ

จากการทดลอง พบว่า การได้รับเอทิลีนจากภายนอกไม่มีผลทำให้อัตราการดูดน้ำของช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและในถุงพลาสติกแตกต่างกัน โดยช่อดอกหงส์เหินมีอัตราการดูดน้ำสูงสุดในวันที่ 3 ของการปักแจกัน จากนั้นมีแนวโน้มลดลง แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลอง พบว่า ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกมีอัตราการดูดน้ำมากกกว่าช่อดอกที่ได้จากการปลูกในแปลงเล็กน้อย (ภาพที่ 13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของช่อดอกหงส์เหิน พบว่า น้ำหนักของช่อดอกหงส์เหินมีแนวโน้มลดลงและไม่แตกต่างกันในแต่ละทรีทเมนต์ ซึ่งจะลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 5 ของการปักแจกัน โดยช่อดอกหงส์เหินทั้งที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลูกในถุงพลาสติกที่ได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb นาน 4 ชั่วโมง ก่อนได้รับสารเอทิลีน มีน้ำหนักสดลดลงมากกว่าช่อดอกหงส์เหินที่ไม่ได้รับสาร (control) และได้รับสารเอทิลีน ความเข้มข้น 0.5 ppm นาน 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 14)

4. อัตราการผลิตเอทิลีน

ช่อดอกหงส์เหินที่ไม่ได้รับสาร (control) และได้รับ 1-MCP และ/หรือ เอทิลีน พบว่า มีอัตราการผลิตเอทิลีนค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการปักแจกัน โดยมีลักษณะคล้ายพืชในกลุ่ม non-climacteric ทั้งนี้ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงกว่าช่อดอกที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกเล็กน้อย (ภาพที่ 15A)

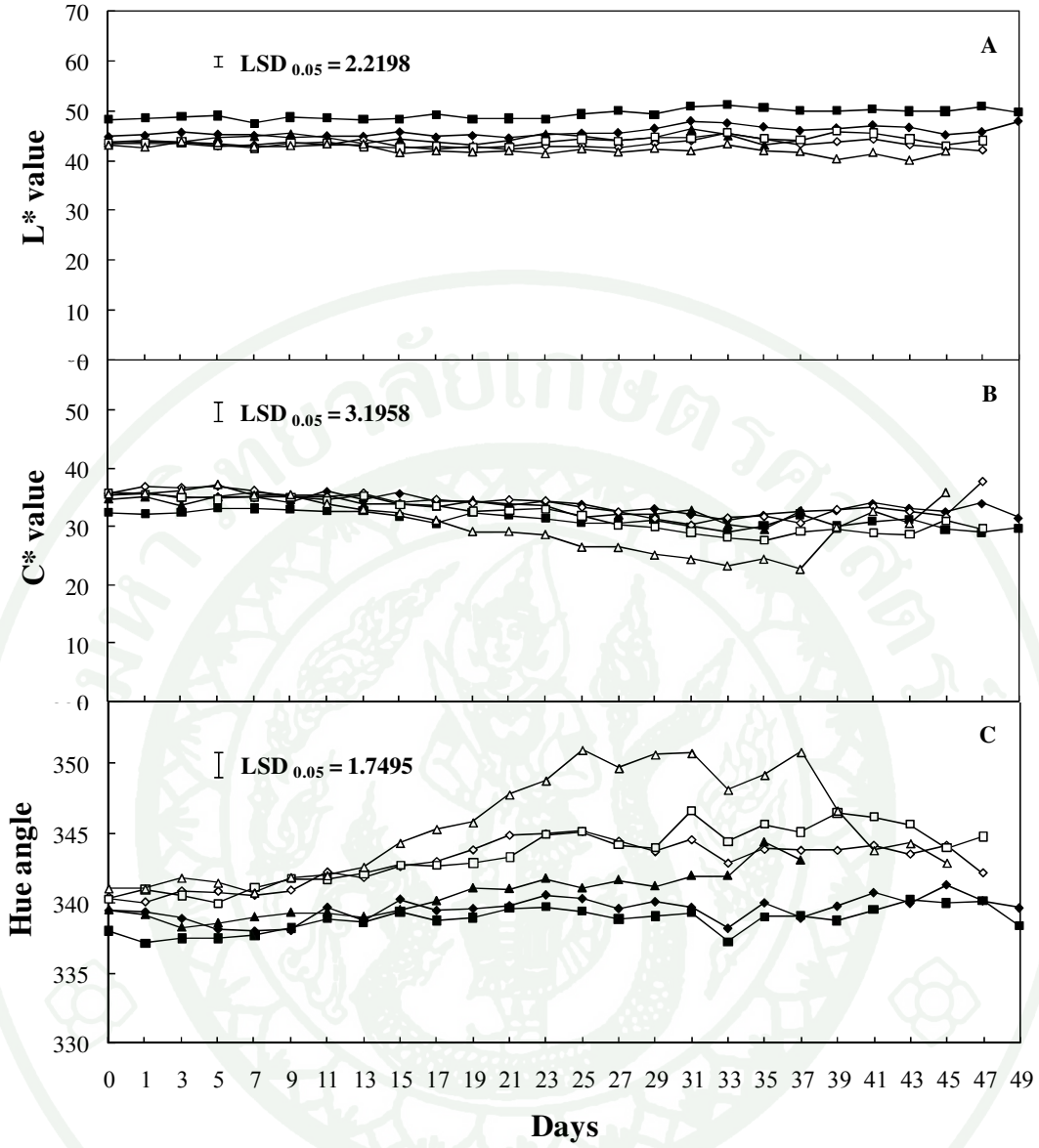
5. อัตราการหายใจ

จากผลการทดลอง พบว่า ช่อดอกหงส์เหินที่ไม่ได้รับและได้รับเอทิลีน และ/หรือ1-MCP มีอัตราการหายใจค่อนข้างคงที่และไม่แตกต่างกันตลอดอายุการปักแจกัน (ภาพที่ 15B) ซึ่งการหายใจของช่อดอกหงส์เหินมีลักษณะเช่นเดียวกับพืชในกลุ่ม non-climacteric

6. อายุปักแจกัน

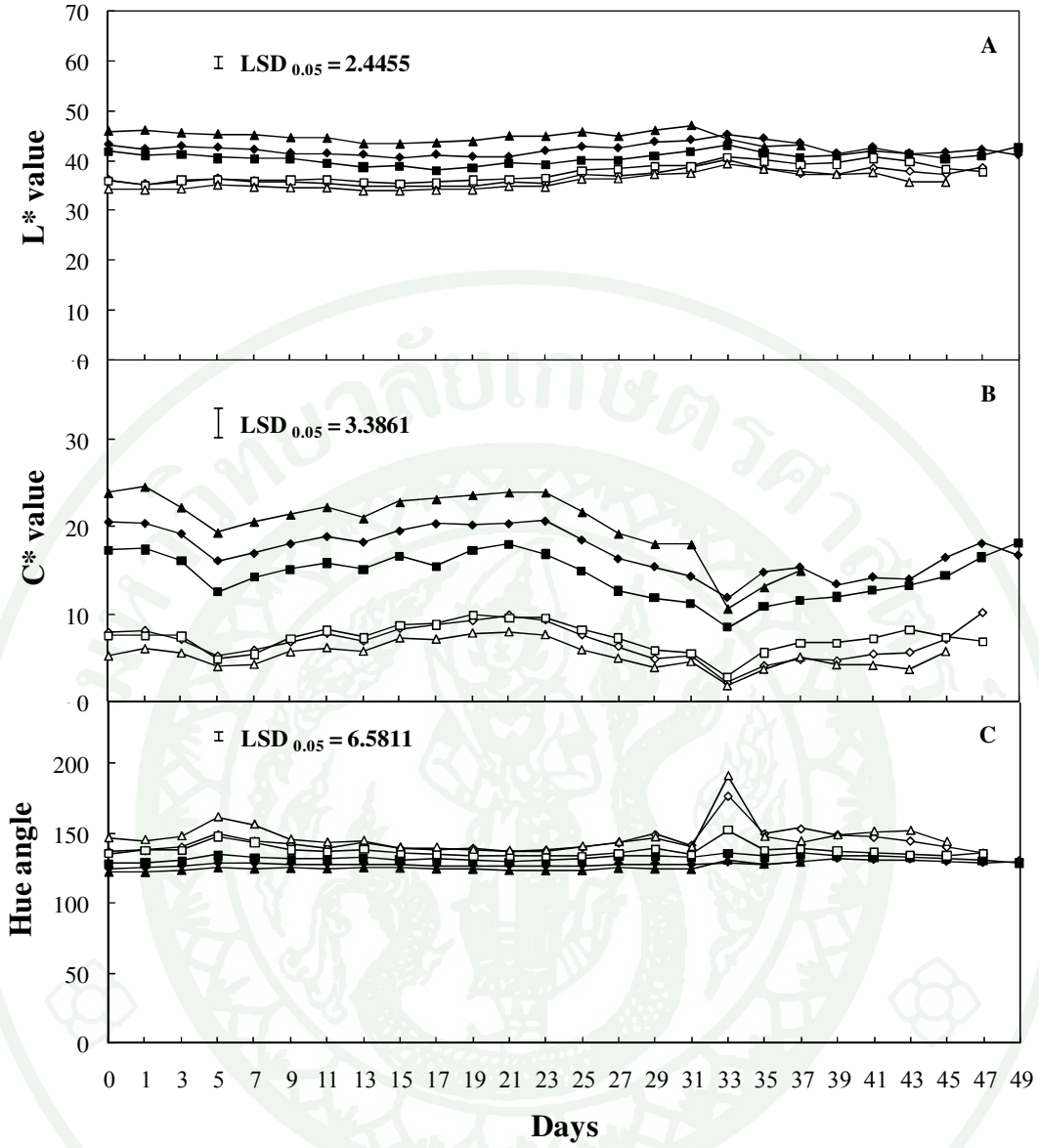
ช่อดอกหงส์เหินที่ไม่ได้รับและได้รับ 1-MCP และ/หรือ เอทิลีน มีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ และจากการทดลองพบว่า การปลูกหงส์เหินในแปลงหรือในถุงพลาสติกให้ช่อดอกหงส์เหินที่มีคุณภาพไม่แตกต่างกันในด้านอายุการปักแจกัน (ตารางที่ 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงสีของใบประดับ ค่าความสว่าง (L*) (A) ค่าความเข้มสี (C*) (B) และค่าชนิดสี (Hue) (C) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง ไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

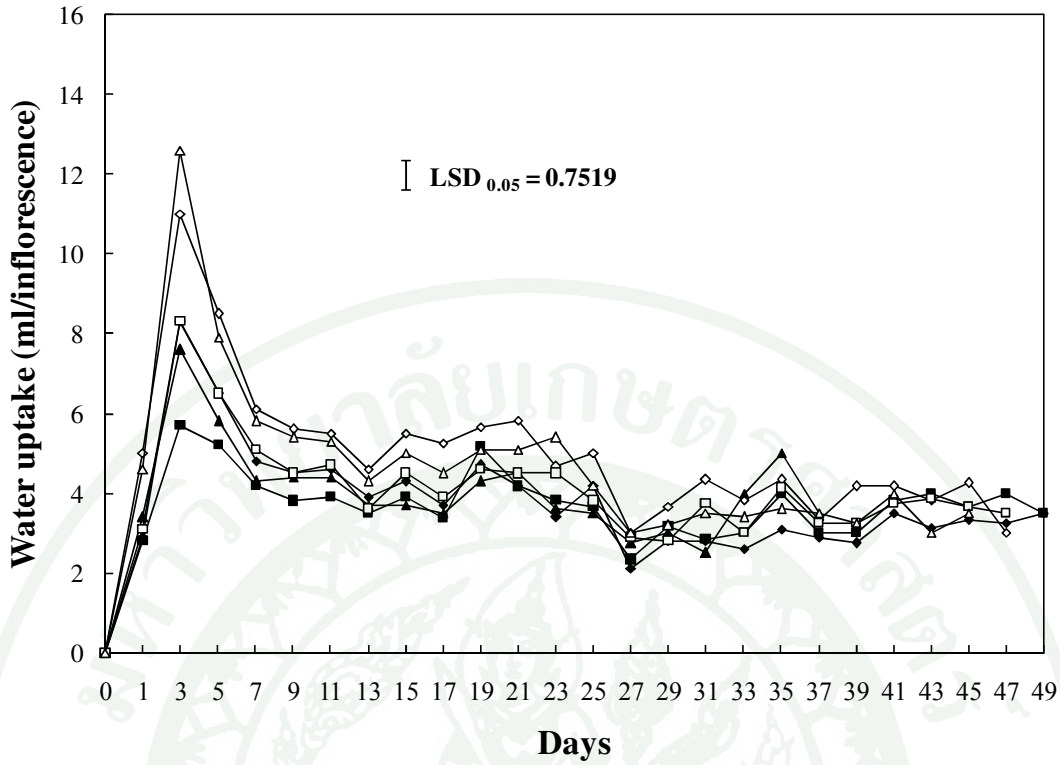


ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงสีของใบ ค่าความสว่าง (L*) (A) ค่าความเข้มสี (C*) (B) และค่าชนิดสี (Hue) (C) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง ไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

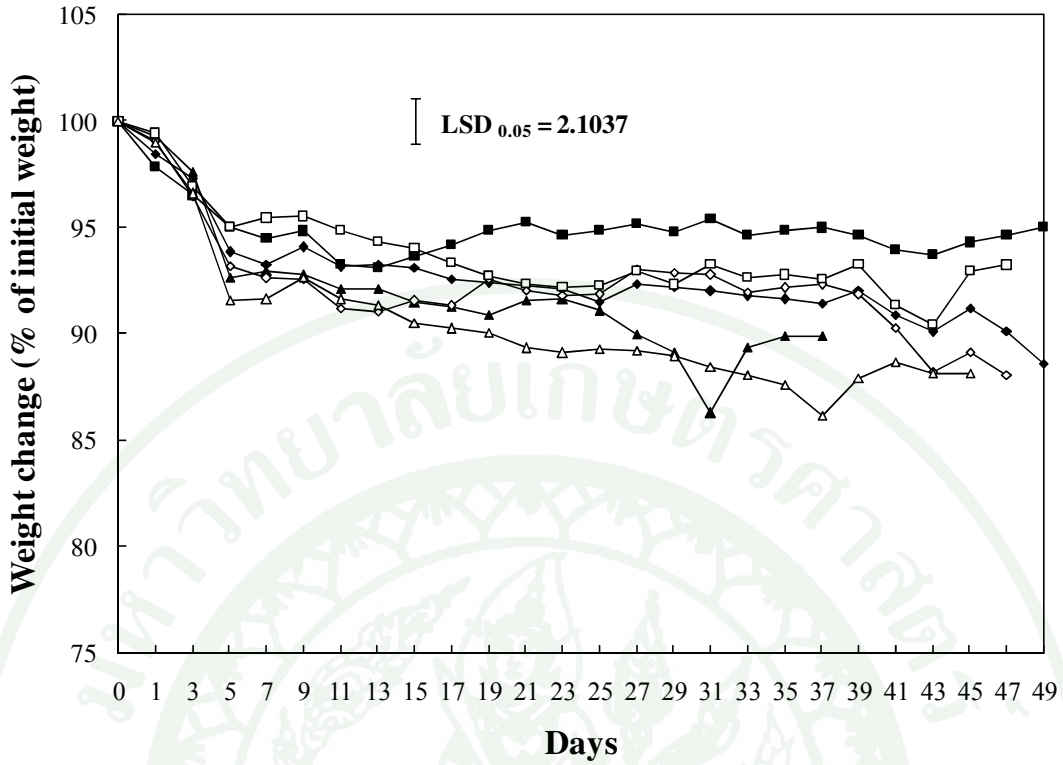
ภาพที่ 12 สีใบของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง (A) และปลูกในถุงพลาสติก (B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



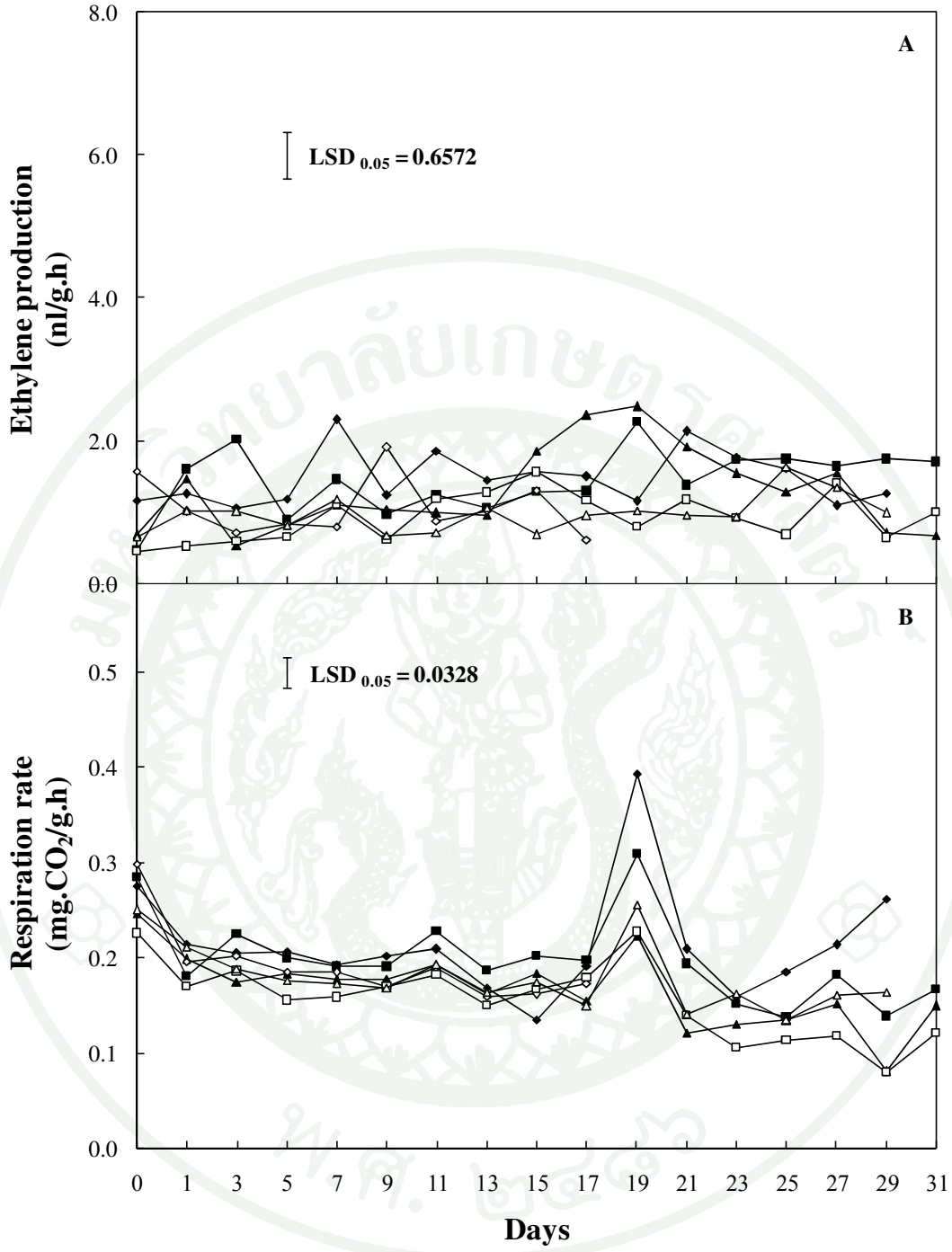
ภาพที่ 13 อัตราการดูดน้ำของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง ไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลง ไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 อัตราการผลิตเอทิลีน (A) และอัตราการหายใจ (B) ของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ได้จากการปลูกในแปลงไม่ได้รับสาร (control) (♦) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (■) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (▲) และช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก ไม่ได้รับสาร (control 2) (◊) ได้รับ 0.5 ppm ethylene (□) ได้รับ 500 ppb 1-MCP + 0.5 ppm ethylene (△)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 อายุการปักแจกันของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น เปรียบเทียบจากสภาพการปลูกเลี้ยงและการได้รับสาร

สภาพการปลูกเลี้ยง	สารที่ได้รับ			
	ไม่ได้รับสาร	ethylene	1-MCP+ethylene	ค่าเฉลี่ย
แปลง	44.2	34.6	27.4	35.4[1/]
ถุงพลาสติก	33.0	41.8	38.6	37.8
ค่าเฉลี่ย	38.6[2/]	38.2	33.0	
				F-test
	สภาพการปลูกเลี้ยง			ns
	สารที่ได้รับ			ns
	สภาพการปลูกเลี้ยง x สารที่ได้รับ			ns
	C.V. (%)			29.53

[1/,2/] ตัวเลขที่ตามตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติโดยการเปรียบเทียบ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพของหัวพันธุ์หงส์เหินภายหลังการเก็บรักษา

1. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

หัวพันธุ์หงส์เหินที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด โดยลดลงอย่างเห็นได้ชัดภายหลังจากเก็บรักษาไปแล้วเป็นระยะเวลา 1 เดือน ในส่วนของหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบในส่วนของขนาดของหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาในแต่ละอุณหภูมิ เห็นได้ว่าหัวพันธุ์หงส์เหินแต่ละขนาดมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันในทุกๆอุณหภูมิที่ทำการเก็บรักษา (ภาพที่ 16)

2. ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อในส่วนของหัวมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบตามความแตกต่างของอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาและขนาดของหัวพันธุ์ พบว่ามีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 17) ในขณะที่ส่วนของรากสะสมอาหารมีความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษาและไม่แตกต่างกันในแต่ละอุณหภูมิและแต่ละขนาดของหัวพันธุ์ (ภาพที่ 18) นอกจากนี้ยังพบว่า ภายหลังการเก็บรักษาหัวพันธุ์ 4 เดือน พบการฝ่อของหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่สามารถวัดความแน่นเนื้อได้ (ภาพที่ 19)

3. อัตราการผลิตเอทิลีน

การเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหินที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงกว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยอัตราการผลิตเอทิลีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าภายหลังการเก็บรักษา 4 เดือน หัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการผลิตเอทิลีนในแต่ละขนาดของหัวพันธุ์ พบว่า หัวพันธุ์ขนาดเล็กที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส มีอัตราการผลิตเอทิลีนค่อนข้างสูงกว่าหัวพันธุ์ขนาดใหญ่และขนาดกลาง ส่วนหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีอัตราการผลิตเอทิลีนในแต่ละขนาดไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 20)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. อัตราการหายใจ

การเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีผลทำให้หัวพันธุ์มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน ในขณะที่การเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส หัวพันธุ์มีอัตราการหายใจค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 เดือน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน เมื่อเปรียบเทียบขนาดของหัวพันธุ์ พบว่า ในทุกๆอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา หัวพันธุ์ที่มีขนาดแตกต่างกันมีอัตราการหายใจไม่แตกต่างกันมากนัก โดยหัวพันธุ์ขนาดเล็กมีอัตราการหายใจค่อนข้างสูงกว่าหัวพันธุ์ขนาดใหญ่และขนาดกลางเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 21)

5. ปริมาณแป้ง

หัวพันธุ์หงส์เหินเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณแป้งในส่วนของหัวมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 5 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ส่วนของรากสะสมอาหารจะลดลงอย่างชัดเจนในเดือนที่ 2 ภายหลังการเก็บรักษา ทั้งนี้หัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณแป้งในส่วนของหัวมากกว่าในหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมีปริมาณแป้งในส่วนของรากสะสมอาหารมากกว่าในหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดของหัวพันธุ์ พบว่าในส่วนของหัวพันธุ์ที่มีขนาดแตกต่างกัน มีปริมาณแป้งไม่แตกต่างกัน ขณะที่ในส่วนของรากสะสมอาหารจะเห็นได้ว่าหัวพันธุ์ขนาดใหญ่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณแป้งลดลงมากกว่าในรากสะสมอาหารของหัวพันธุ์ขนาดเล็กและขนาดกลาง ส่วนหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณแป้งในแต่ละขนาดของหัวพันธุ์ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 22 และ 23)

6. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ภายหลังการเก็บรักษา ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในส่วนของหัวและรากสะสมอาหารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในส่วนของหัวปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 5 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะลดลง ในขณะที่ในส่วนของรากสะสมอาหารปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นลดลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องในเดือนที่ 5 และ 6 โดยหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณน้ำตาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งหมดมากกว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบตามขนาดของหัวพันธุ์พบว่า หัวพันธุ์ในแต่ละขนาดมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันทั้งในส่วนของหัวและส่วนของรากสะสมอาหาร (ภาพที่ 24 และ 25)

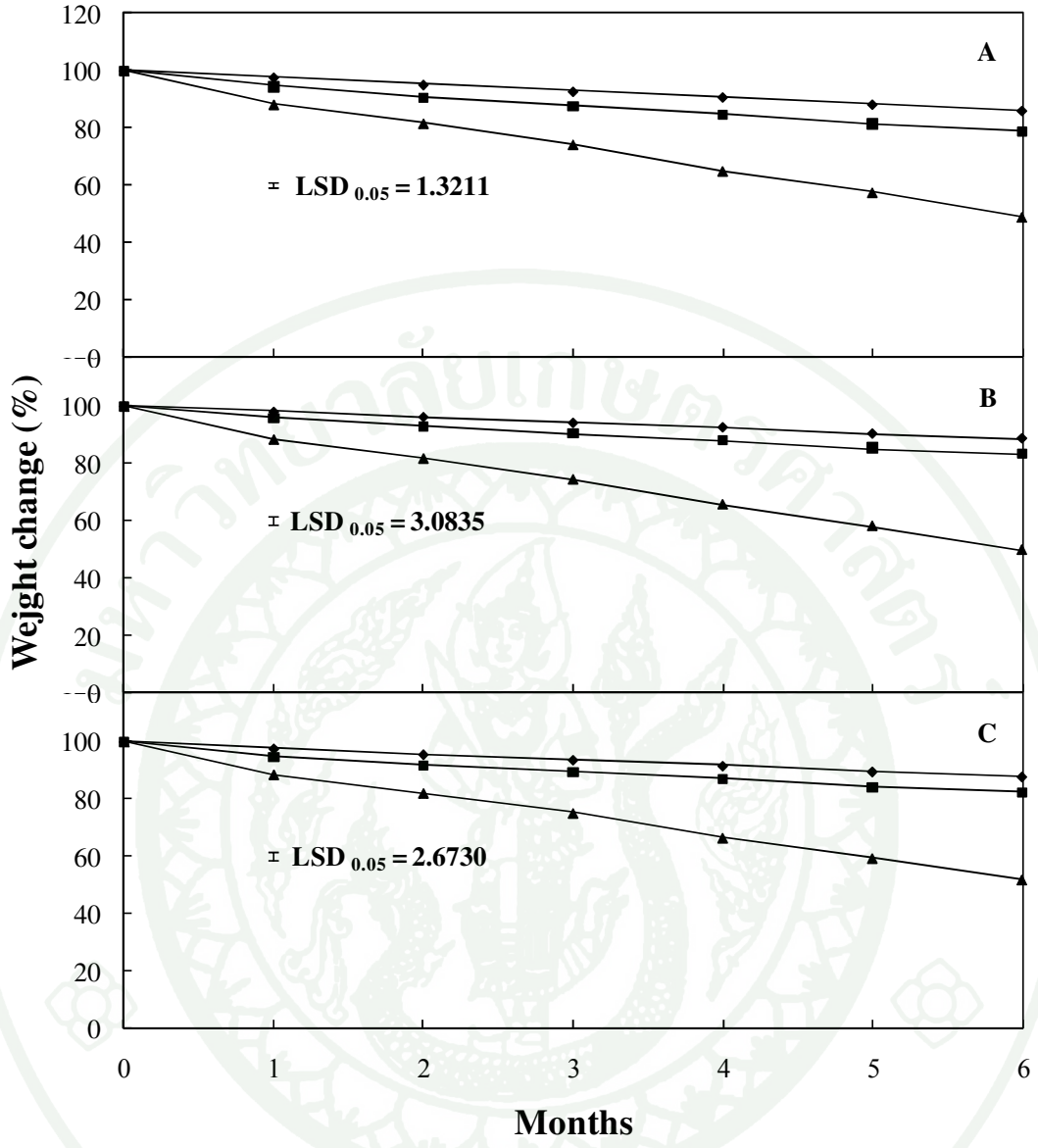
7. กิจกรรมเอนไซม์ α-amylase

จากผลการทดลองที่พบว่าปริมาณแป้งในส่วนของหัวพันธุ์และรากสะสมอาหารลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน ดังนั้นจึงทำการศึกษาถึงเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา ซึ่งพบว่ากิจกรรมเอนไซม์ α-amylase ในหัวพันธุ์ที่เก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเห็นได้ว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase สูงที่สุดในเดือนที่ 5 ของการเก็บรักษา ส่วนหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase สูงสุดในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase สูงกว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 26)

8. กิจกรรมเอนไซม์ vaculolar invertase

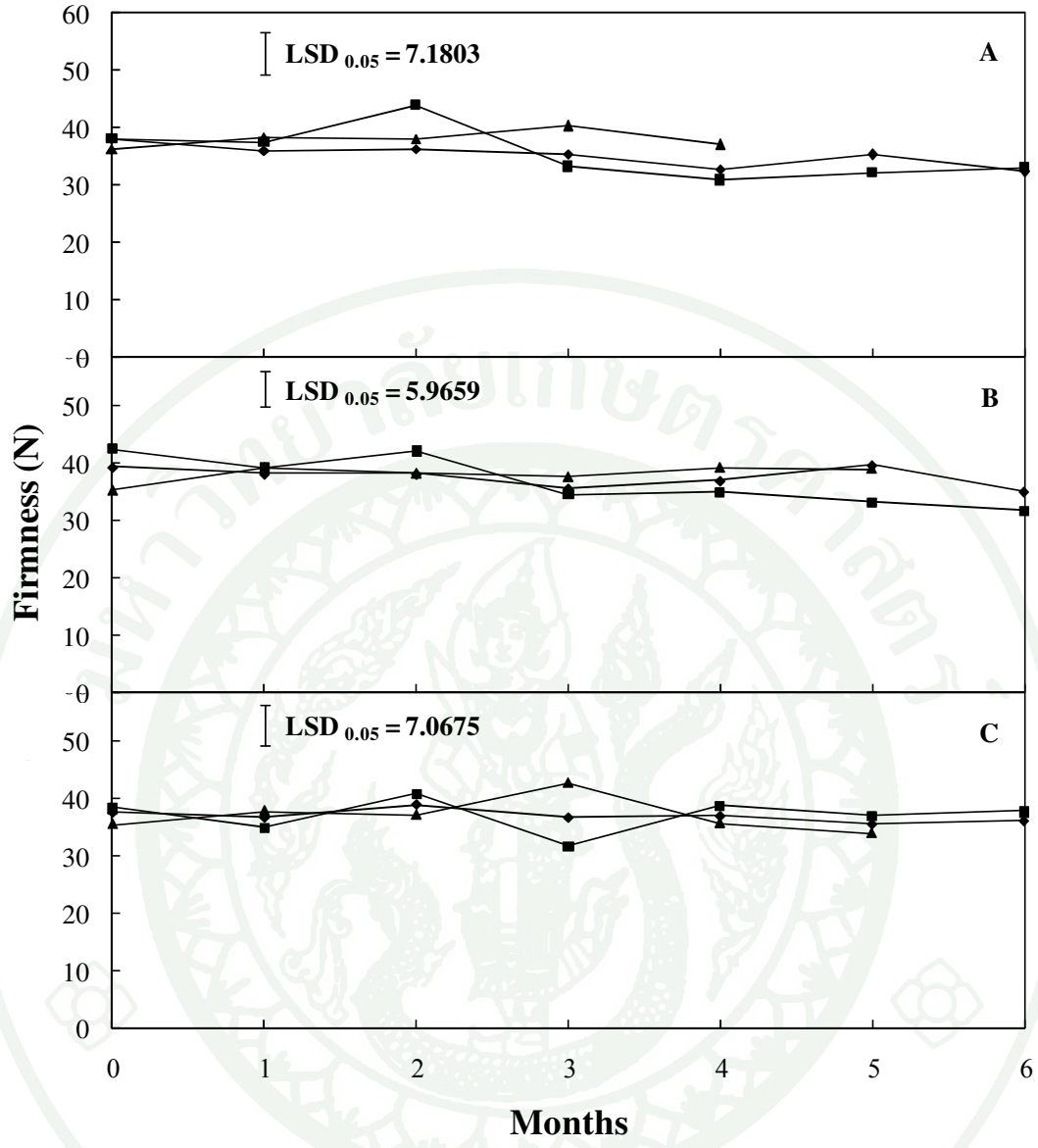
กิจกรรมเอนไซม์ vaculolar invertase ในหัวพันธุ์ในช่วงเดือนที่ 3 ถึง 6 ของการเก็บรักษา มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยพบว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมเอนไซม์ vaculolar invertase ค่อนข้างคงที่และไม่แตกต่างกันตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษาที่ 3 ถึง 6 เดือน ในขณะที่หัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมเอนไซม์ vaculolar invertase สูงกว่าในหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (ภาพที่ 27)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



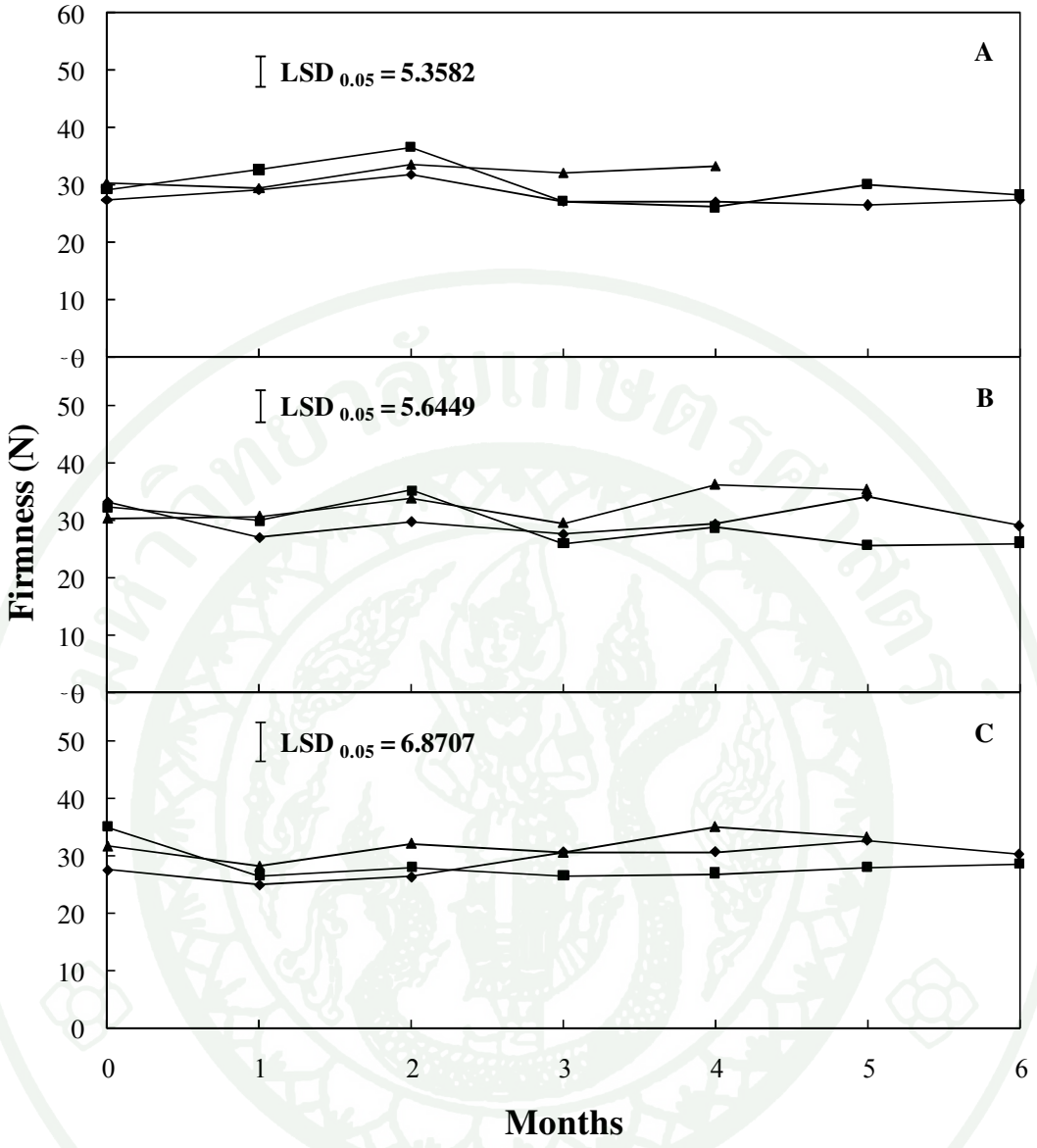
ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



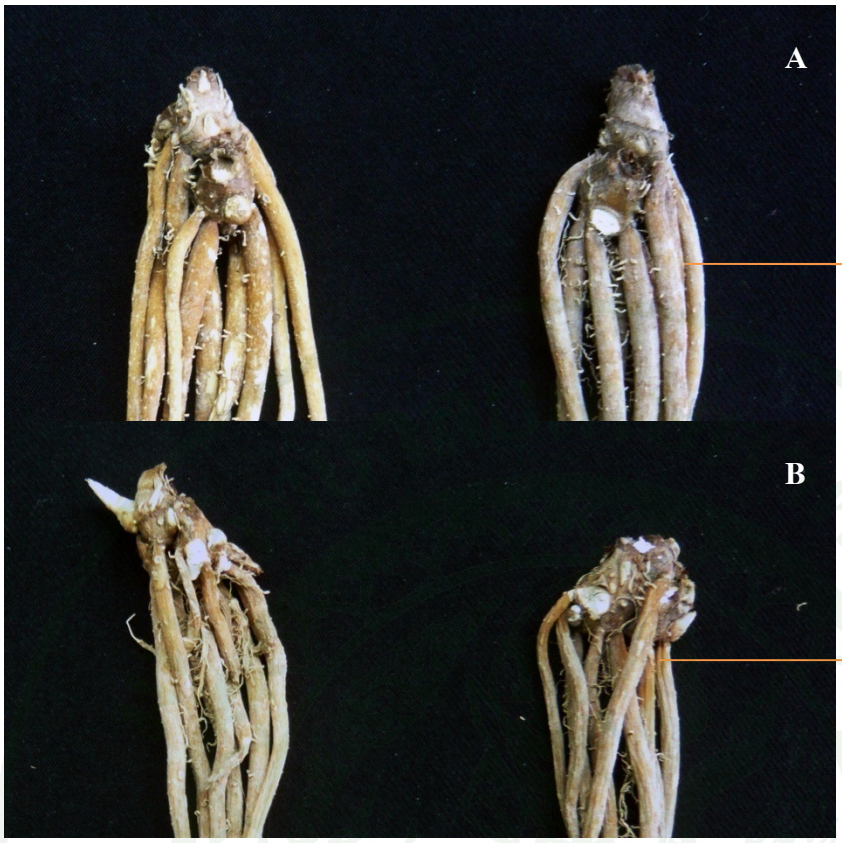
ภาพที่ 17 ความแน่นเนื้อในหัวของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



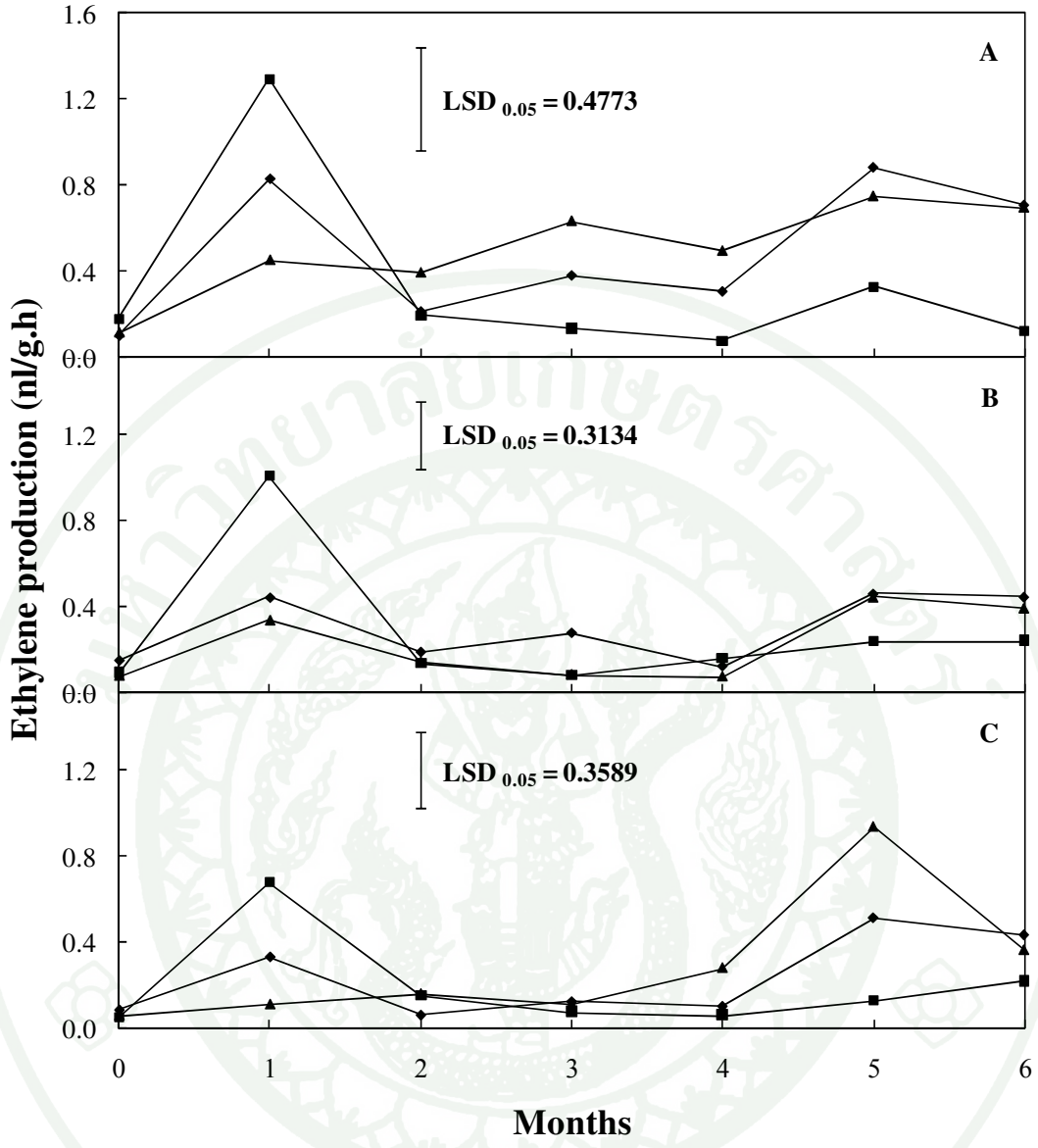
ภาพที่ 18 ความแน่นเนื้อในรากสะสมอาหารของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



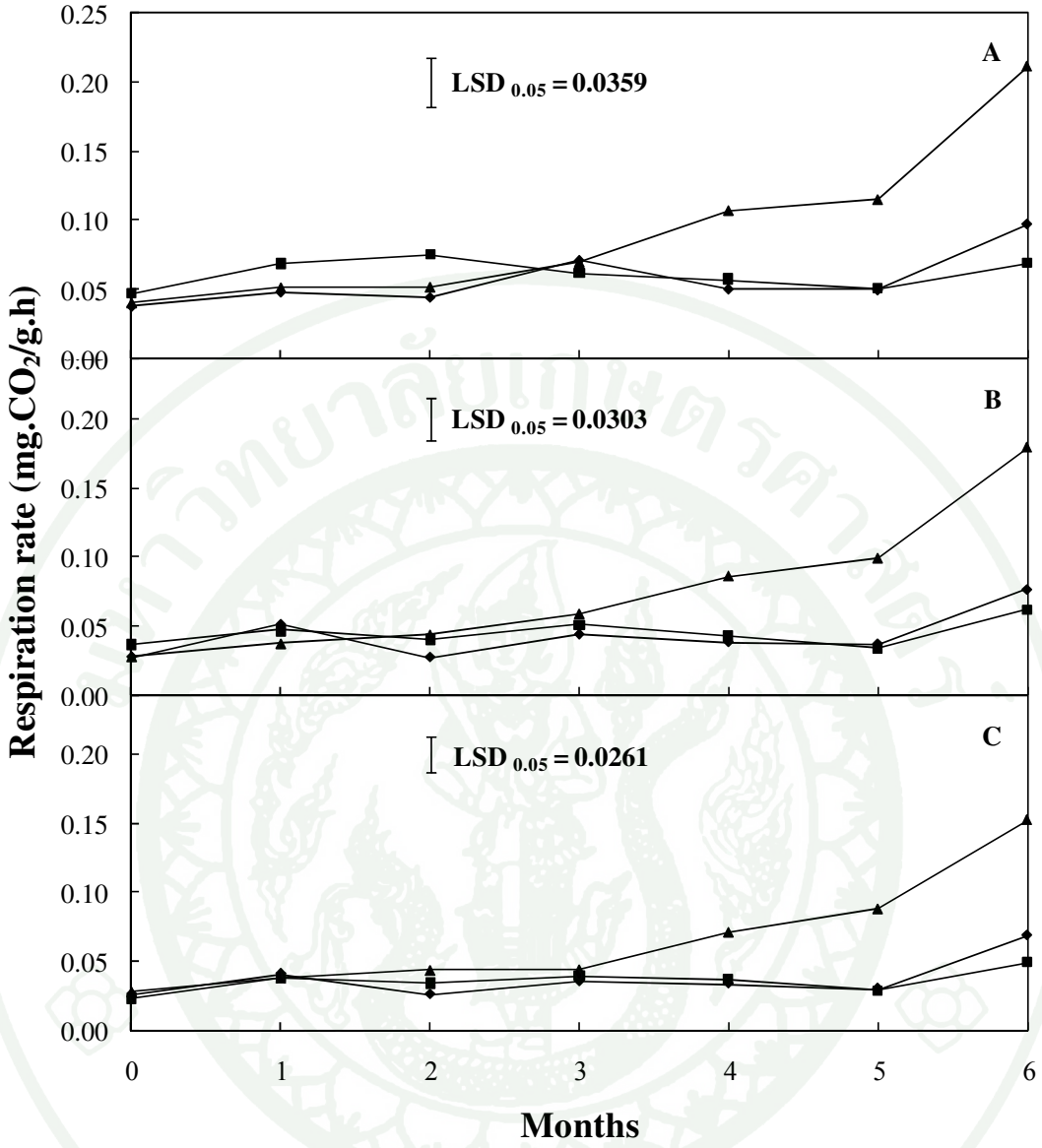
ภาพที่ 19 ลักษณะการฝ่อของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl หัวพันธุ์ที่มีลักษณะปกติ (A) และหัวพันธุ์ที่เกิดการฝ่อและการงอก (B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



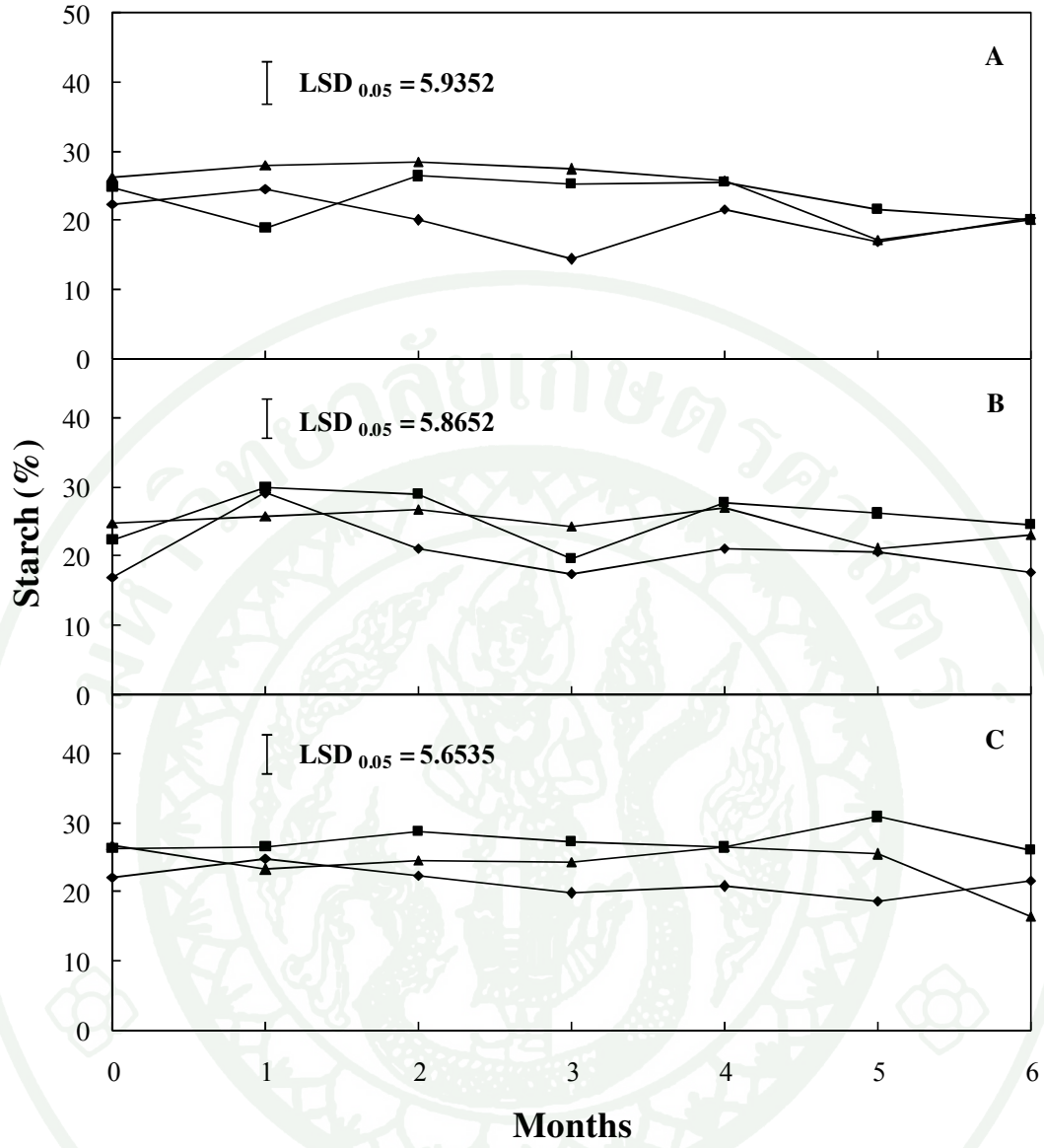
ภาพที่ 20 อัตราการผลิตเอทิลีนของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



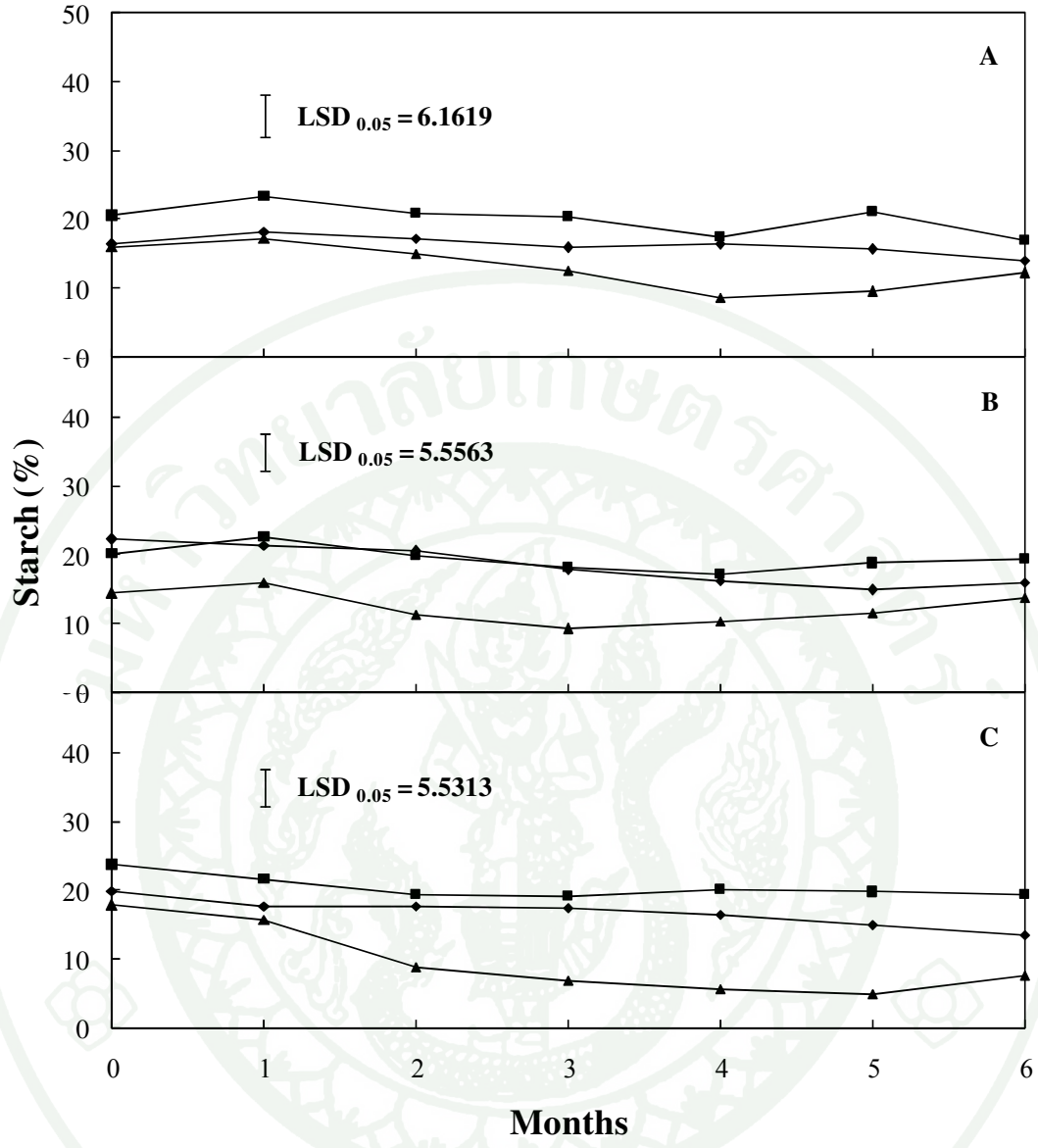
ภาพที่ 21 อัตราการหายใจของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



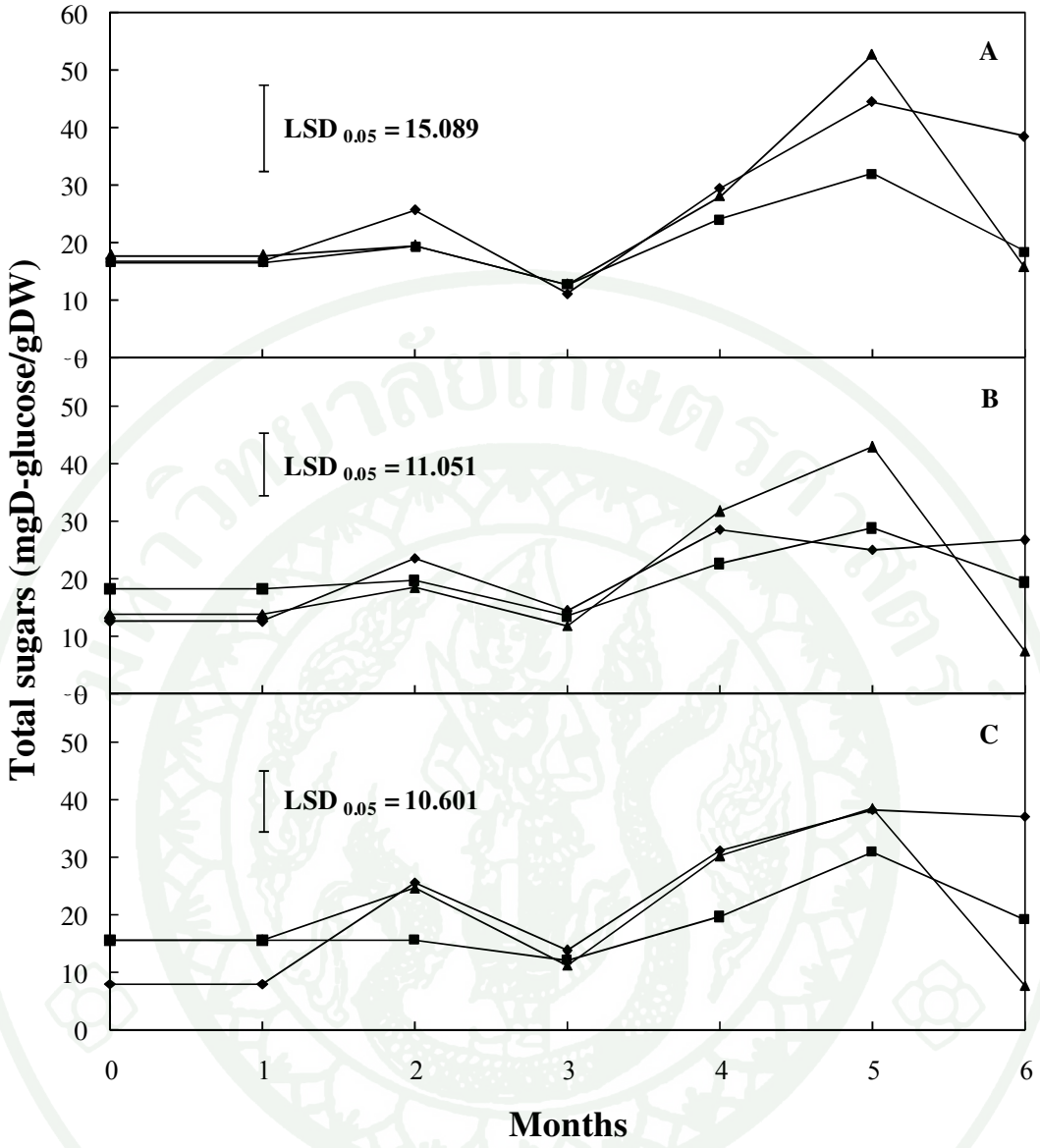
ภาพที่ 22 ปริมาณแป้งในหัวของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (◆) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



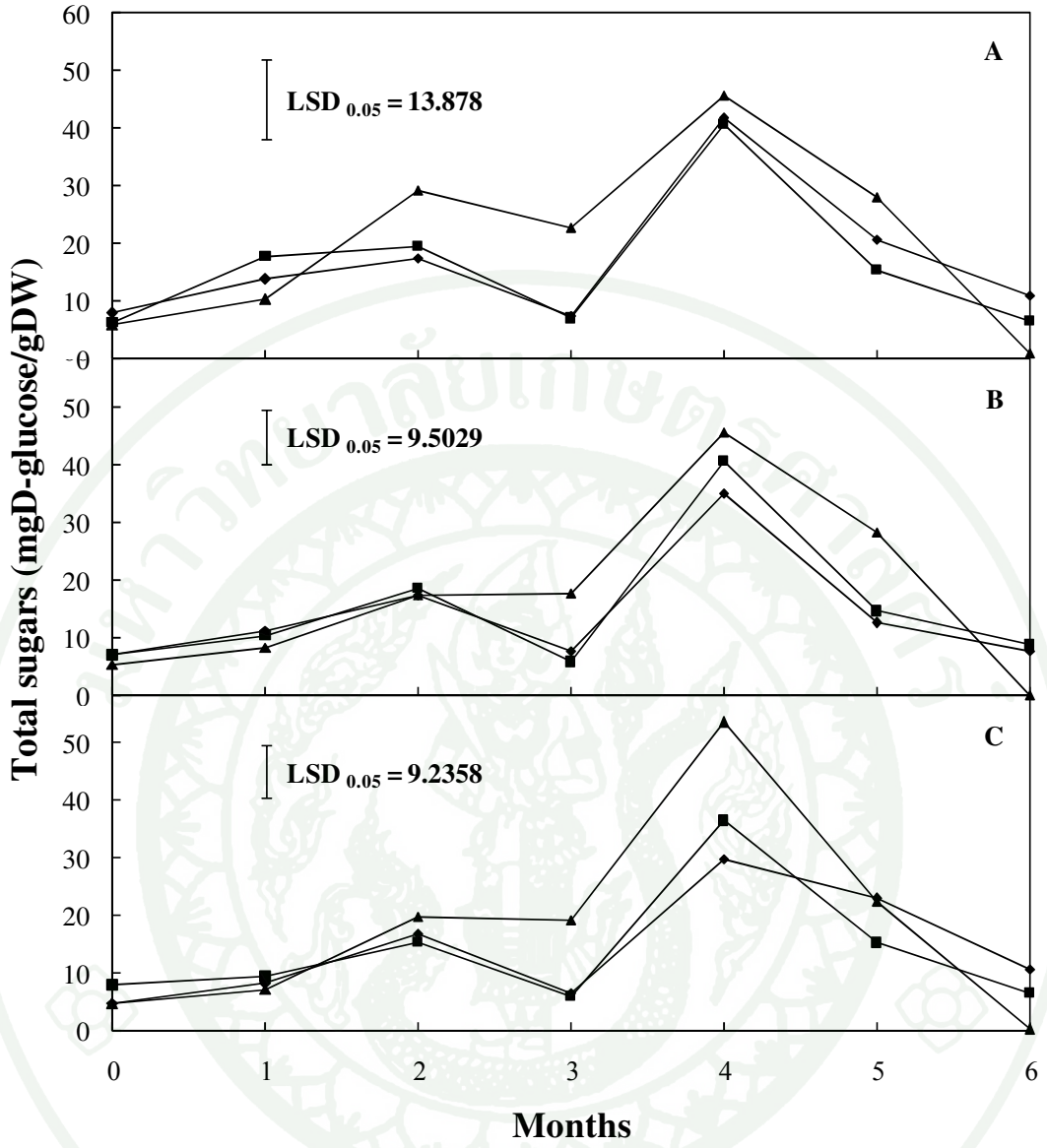
ภาพที่ 23 ปริมาณแป้งในรากสะสมอาหารของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



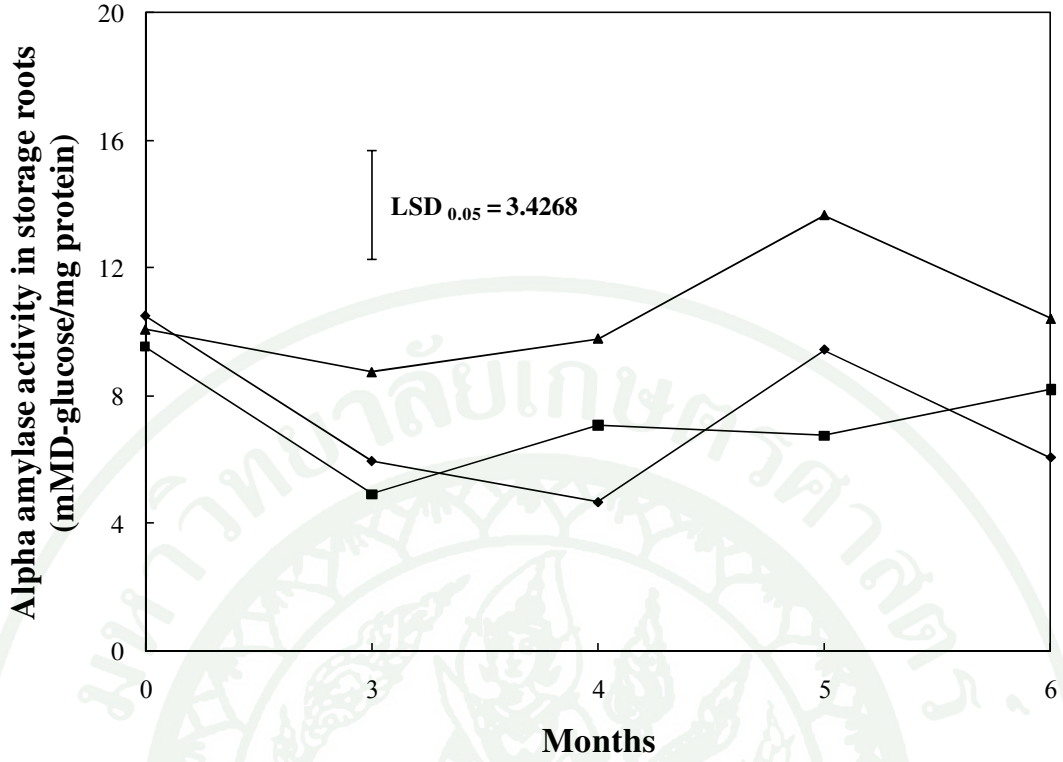
ภาพที่ 24 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในหัวของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



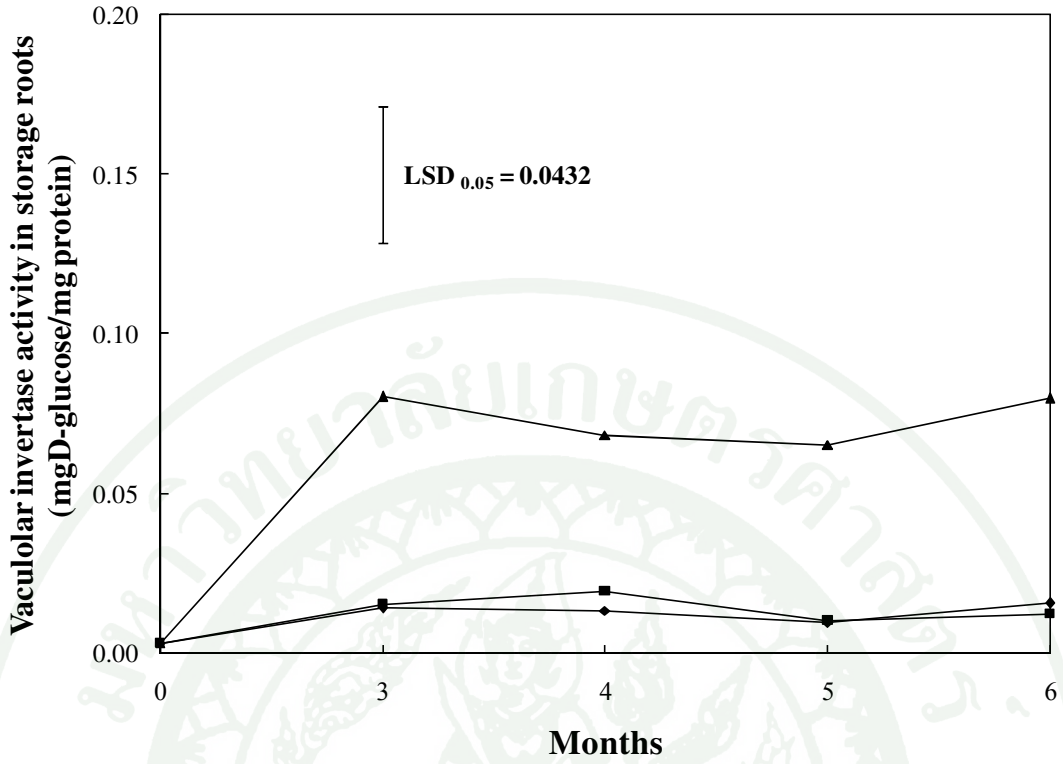
ภาพที่ 25 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในรากสะสมอาหารของหัวหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl ขนาดเล็ก (A) ขนาดกลาง (B) และขนาดใหญ่ (C) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 กิจกรรมเอนไซม์ α-amylase ในรากสะสมอาหารของหัวพันธุ์หงส์เหิน (*Globba williamsiana*) ขนาดใหญ่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (♦) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 กิจกรรมเอนไซม์ Vaculolar invertase ในรากสะสมอาหารของหัวพันธุ์หงส์เหิน (*Globba williamsiana*) ขนาดใหญ่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 (◆) 15 (■) และ 25 (▲) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

จากการศึกษาผลของสภาพการปลูกเลี้ยงที่มีต่อการเสื่อมสภาพของช่อดอกหงส์เหิน ภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยเปรียบเทียบช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและปลูกในถุงพลาสติก และช่อดอกที่ปลิดใบออกหมดกับช่อดอกที่มีใบ 1 ใบติดอยู่กับก้านช่อดอก พบว่าช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลงและมีใบติดอยู่กับก้านช่อดอกมีอายุการปักแจกันในน้ำกลั่นนานที่สุด ซึ่งคาดว่าน่าจะเกี่ยวข้องกับอัตราการดูดน้ำของช่อดอกหงส์เหิน โดยช่อดอกที่มีใบติดอยู่จะมีอัตราการดูดน้ำสูงกว่าช่อดอกที่ไม่มีใบ (ภาพที่ 7) เนื่องจากในช่อดอกที่มีใบติดอยู่จะมีการคายน้ำจากส่วนของใบ ซึ่งการคายน้ำเป็นวิธีการลำเลียงน้ำรูปแบบหนึ่งของพืช โดยน้ำจะระเหยออกทางปากใบ (สมบุญ, 2548) ทำให้เกิดแรงดึงดูดน้ำเข้าสู่ช่อดอกเพิ่มมากขึ้น จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าช่อดอกหงส์เหินจะมีอัตราการดูดน้ำลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 5 ของการปักแจกัน (ภาพที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดที่ลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 5 ของการปักแจกันเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 8) นอกจากใบที่ติดอยู่กับช่อดอกจะช่วยในเรื่องของการดูดน้ำแล้ว ยังช่วยในเรื่องของการเพิ่มอาหารสะสมให้กับช่อดอกได้อีกด้วย เนื่องจากใบพืชจะช่วยในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่พืชจะนำพลังงานเคมีไปใช้ในการสร้างอาหารสะสมให้กับพืชในรูปของคาร์โบไฮเดรตคือแป้งและน้ำตาล (สมบุญ, 2548) ทำให้ช่อดอกหงส์เหินมีอาหารที่จะนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้นานขึ้น อย่างไรก็ตามการไว้ใบบนก้านช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกกลับมีผลทำให้อายุการปักแจกันสั้นลง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากช่อดอกที่ได้จากการปลูกเลี้ยงในถุงพลาสติกและได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอมีลักษณะช่อดอกและใบค่อนข้างนิ่มและอิ่มน้ำ ดังนั้นเมื่อนำช่อดอกมาปักแจกันในน้ำกลั่นโดยมีใบติดอยู่บนก้านช่อดอกจึงส่งผลให้ช่อดอกเกิดการสูญเสียน้ำมากทางปากใบจึงทำให้มีอายุการปักแจกันสั้นลง ในขณะที่การปลูกเลี้ยงหงส์เหินในแปลงและได้รับน้ำตามธรรมชาติส่งผลให้ช่อดอกหงส์เหินมีอายุการปักแจกันนานกว่า ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากในสภาพดังกล่าว ต้นและช่อดอกหงส์เหินได้รับน้ำไม่สม่ำเสมอจึงทำให้หงส์เหินที่ปลูกในแปลงมีการปรับตัวให้สามารถทนต่อสภาพการได้รับน้ำในปริมาณน้อยได้ ซึ่งในการปรับตัวดังกล่าวอาจส่งผลให้ช่อดอกและใบมีการเจริญเติบโตอย่างช้าๆ การยืดขยายของเซลล์เกิดขึ้นน้อย ผนังเซลล์หนามากขึ้น จึงทำให้ช่อดอกที่ได้จากการปลูกในแปลงมีความทนทานและมีอายุการปักแจกันนานกว่าช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติก โดย McConnell and Host (1980) ได้ทำการศึกษาผลของการให้น้ำในปริมาณความถี่ที่แตกต่างกันในต้น Lemon vine พบว่าต้นที่ได้รับน้ำทุกๆ 3 สัปดาห์จะมีชั้นคิวติเคิลหนาและการขยายขนาดของเซลล์เกิดขึ้นช้ากว่าต้นที่ได้รับน้ำสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง โดยจะสอดคล้องกับการทดลองในถั่วเหลือง พบว่าต้นที่หยุดการให้น้ำส่วนของ cortex จะมีขนาดเล็กลง เซลล์ collenchymas มีขนาดใหญ่ขึ้นและมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสร้าง fibres spead เพิ่มมากขึ้น (Makbul *et al*., 2011) นอกจากนี้จากผลการทดลองพบว่า ช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในถุงพลาสติกมีสีของใบเข้มกว่าช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกในแปลง ทั้งนี้คาดว่าการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของแกลบดิบน่าจะมีผลต่อสีของใบ เนื่องจากในแกลบดิบมีปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณมาก (วิทยา, 2523) และจากผลการทดลองที่พบว่าช่อดอกหงส์เหินที่ปลิดใบออกหมด มีอัตราการหายใจสูงกว่าช่อดอกที่มีใบติดอยู่ (ภาพที่ 9B) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากช่อดอกที่ปลิดใบออกหมดมีบาดแผลเพิ่มจากการตัดใบทิ้ง การเกิดบาดแผลดังกล่าวจะไปส่งเสริมให้พืชสร้างเอนไซม์ ACC synthase ทำให้มีการสร้างเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น เอทิลีนจะไปกระตุ้นให้พืชมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น (จริงแท้, 2549) ดังเช่นการทดลองในหัวบีทรูท พบว่า การเกิดบาดแผลจะไปกระตุ้นให้หัวบีทรูทมีการสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้น โดยเอทิลีนมีผลทำให้อัตราการหายใจในหัวบีทรูทเพิ่มขึ้นเช่นกัน (Karen *et al.*, 2010)

จากการศึกษาผลของเอทิลีนที่มีต่อคุณภาพและอายุการปักแจกันของช่อดอกหงส์เหิน โดยนำช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกทั้ง 2 วิธีและมีใบติดอยู่กับก้านช่อดอกมาให้สารเอทิลีนความเข้มข้น 0.5 ppm เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และได้รับสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 ppb นาน 4 ชั่วโมง ก่อนให้สารเอทิลีนที่ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่าการให้สารเอทิลีนและสาร 1-MCP ไม่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของช่อดอกหงส์เหิน ดังจะเห็นได้จากผลของการเปลี่ยนแปลงสีของช่อดอกและใบ (ภาพที่ 10 และ 11) อัตราการดูดน้ำ (ภาพที่ 13) และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ภาพที่ 14) ในช่อดอกที่ได้รับสารและไม่ได้รับสารให้ผลการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกัน และเมื่อศึกษาอัตราการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจ จะเห็นว่าการให้สารเอทิลีนจากภายนอกกับช่อดอกหงส์เหิน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจเมื่อเปรียบเทียบกับช่อดอกที่ไม่ได้รับสาร (ภาพที่ 15A,B) โดยช่อดอกหงส์เหินจะมีอัตราการผลิตเอทิลีนค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการปักแจกันในน้ำกลั่น และอัตราการหายใจมีแนวโน้มลดลงตลอดช่วงระยะเวลาการปักแจกัน จากผลการทดลองดังกล่าวเห็นได้ว่าช่อดอกหงส์เหินน่าจะจัดเป็นพืชในกลุ่ม non-climacteric ดังตัวอย่างที่มีการศึกษาการหายใจของแตงโม ซึ่งเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric พบว่าการให้เอทิลีนจากภายนอกมีผลทำให้แตงโมมีการหายใจสูงขึ้นตามความเข้มข้นของเอทิลีน และมีการหายใจลดลงสู่ระดับเดิมเมื่อหยุดให้เอทิลีน (Elkashif *et al*., 1989) ซึ่งจะแตกต่างจากพืชในกลุ่ม climacteric ที่เอทิลีนสามารถทำให้เกิด climacteric peak เร็วขึ้น โดยที่อัตราการหายใจไม่สูงขึ้นมากนัก (Wang, 1988) เช่นเดียวกับการศึกษาในอาโวกาโดซึ่งเป็นผลไม้ประเภท climacteric พบว่าผลอาโวกาโดที่ได้รับเอทิลีน สามารถย่นระยะเวลาการเกิด climacteric peak ได้ (Eaks, 1980)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหิน โดยทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหินที่อุณหภูมิ 10 15 และ 25 องศาเซลเซียส โดยตรวจสอบคุณภาพหัวพันธุ์ภายหลังการเก็บรักษาทุกเดือน เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าหัวพันธุ์หงส์เหินที่ผ่านการเก็บรักษามีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 16) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Razzaque and Roy (1997) ที่ได้ทำการศึกษากับหัวมันฝรั่ง พบว่ามันฝรั่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากหัวพันธุ์ยังคงมีการเจริญเติบโตอยู่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีภายในหัวพันธุ์ (สายชล, 2531) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่างๆอาศัยพลังงานที่ได้จากการหายใจ ซึ่งกระบวนการหายใจนั้นเป็นกระบวนการที่พืชสร้างพลังงานจากอาหารสะสม จึงทำให้เกิดการดึงอาหารสะสมที่อยู่ในรูปของแป้งมาใช้อยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้การสูญเสียน้ำของหัวพันธุ์ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หัวพันธุ์สูญเสียน้ำหนักมากขึ้น (จริงแท้, 2549) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอปฏิกิริยาต่างๆ รวมทั้งลดอัตราการหายใจและอัตราการคายน้ำของหัวพันธุ์ (จริงแท้, 2549) ซึ่งสอดคล้องกับ Sharma (1978) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาหัวมันฝรั่งภายใต้อากาศร้อนเกิดการสูญเสีย 18.1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำซึ่งเกิดการสูญเสียเพียง 5-6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหินที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ามีอัตราการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจสูงกว่าหัวพันธุ์หงส์เหินที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20 และ 21) ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการผลิตเอทิลีนและการหายใจของพืช อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะกระตุ้นให้สสารมีพลังงานสูงขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาต่างๆสามารถเกิดขึ้นได้ในอัตราที่สูง (จริงแท้, 2549) และจากการศึกษาพบว่าขนาดของหัวพันธุ์มีผลต่อคุณภาพภายหลังการเก็บรักษา โดยหัวพันธุ์ที่มีขนาดเล็กและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีการฝ่อของหัวพันธุ์เกิดขึ้นเร็วกว่าหัวพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ (ภาพที่ 17 และ 18) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากหัวพันธุ์ขนาดเล็กมีปริมาณน้ำในหัวพันธุ์น้อยกว่าหัวพันธุ์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ดังนั้นเมื่อนำหัวพันธุ์ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งคาดว่าเป็นอุณหภูมิที่ทำให้หัวพันธุ์มีการสูญเสียน้ำมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยพิจารณาจากค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของหัวพันธุ์ (ภาพที่ 16) จึงส่งผลให้หัวพันธุ์ขนาดเล็กเกิดการฝ่อได้เร็วกว่าหัวพันธุ์ขนาดกลางและขนาดใหญ่

นอกจากนี้หัวพันธุ์หงส์เหินที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งและน้ำตาลทั้งในส่วนของหัวและในส่วนของรากสะสมอาหารมากกว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 22-25) ทั้งนี้เนื่องด้วยที่อุณหภูมิ 25 องศา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เซลเซียส หัวพันธุ์หงส์เหินมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆเกิดขึ้นมาก เป็นเหตุให้หัวพันธุ์เกิดการเปลี่ยนแป้งที่สะสมอยู่เป็นน้ำตาลและสลายเป็นพลังงานออกมา เพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโตและดำเนินชีวิต (Bewley and Black, 1983) ซึ่งสอดคล้องกับ Moe and Wickstrom (1973) ที่ได้ทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์ทิวลิป พบว่ามีการสลายตัวของแป้งในส่วนของหัวพันธุ์ และเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลซึ่งนำไปใช้ในการเจริญเติบโตพัฒนาส่วนของปลายยอดและปลายราก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในหัวพันธุ์ขมิ้นขาวของ Policegoudra and Aradhya (2007) ที่พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลในหัวขมิ้นขาวลดลงในช่วง 60 วันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นปริมาณน้ำตาลจะค่อยๆเพิ่มมากขึ้นภายหลังจากทำการเก็บรักษาไปแล้ว 80 วัน ซึ่งคาดว่าการที่ปริมาณน้ำตาลในหัวขมิ้นขาวเพิ่มขึ้นนั้นเป็นผลมาจากกระบวนการเปลี่ยนอาหารสะสมในรูปของแป้งมาเป็นน้ำตาล (Biale, 1960) การเก็บรักษาหัวพันธุ์ขมิ้นขาวที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส พบว่า มีการสะสมของปริมาณน้ำตาลในหัวพันธุ์เพิ่มขึ้นตลอดช่วงการเก็บรักษา 120 วัน นอกจากนี้ นิศาชล (2549) ได้รายงานว่า หัวพันธุ์ปทุมมาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งและน้ำตาลน้อยกว่าหัวพันธุ์ในชุดควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งและน้ำตาลในส่วนหัวและรากสะสมอาหารของหัวพันธุ์หงส์เหิน พบว่า ในส่วนของรากสะสมอาหารจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งและน้ำตาลมากกว่าในส่วนของหัว ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงเดือนที่ 3-5 ของการเก็บรักษา ปริมาณแป้งในส่วนของรากสะสมอาหารของหัวพันธุ์ขนาดใหญ่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลในเดือนที่ 3-5 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 23 และ 25) ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากขนาดของรากสะสมอาหารที่ติดอยู่กับหัวพันธุ์ โดยจะเห็นว่ารากสะสมอาหารของหัวพันธุ์ขนาดเล็กมีขนาดใหญ่กว่ารากสะสมอาหารของหัวพันธุ์ขนาดใหญ่ จึงเป็นเหตุให้รากของหัวพันธุ์ขนาดเล็กมีการสลายของแป้งที่สะสมอยู่ในรากเกิดขึ้นช้ากว่าในหัวพันธุ์ขนาดใหญ่ที่มีรากสะสมอาหารเล็กกว่า และเมื่อศึกษาถึงเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งและน้ำตาลในส่วนของรากสะสมอาหาร โดยศึกษากิจกรรมเอนไซม์ α-amylase พบว่า หัวพันธุ์หงส์เหินที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเขตร้อน มีกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase สูงที่สุด (ภาพที่ 26) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแป้งในส่วนของรากสะสมอาหารที่ลดลงในช่วงเดือนที่ 3-6 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 23) ดังนั้นเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระดับหนึ่งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ ดังมีรายงานการทดลองในหัวมันแกวที่พบว่า อุณหภูมิที่ทำให้เกิดกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วง 20-60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase ในหัวมันแกวมากที่สุด (Noman *et al*., 2006) ทั้งนี้ผลการทดลองดังกล่าวจะให้ผลตรงกันข้ามกับหัวพันธุ์ของพืชเขตหนาว กล่าวคืออุณหภูมิต่ำเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เจริญเติบโตของหัวพันธุ์ของพืชเขตหนาว โดย Lambrechts (1994) ได้ทำการทดลองในหัวพันธุ์ทิวลิป พบว่า หัวพันธุ์ที่ได้รับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase เพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา แต่การเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ไม่มีการเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองในเรื่องของกิจกรรมเอนไซม์มีความสอดคล้องกับผลของปริมาณแป้งในหัวทิวลิปเช่นกัน โดยจะพบว่า เมื่อทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จนถึงสัปดาห์ที่ 2 จะพบการลดลงของปริมาณแป้งอย่างเห็นได้ชัด ส่วนหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส พบว่า มีการลดลงของปริมาณแป้งเพียงเล็กน้อย เช่นเดียวกับการทดลองเก็บรักษาหัวพันธุ์ลิลลี่ สายพันธุ์ Mona และ Casablanca ซึ่งพบว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase สูงกว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สอดคล้องกับการลดลงของปริมาณแป้ง โดยหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส มีการลดลงของปริมาณแป้งในหัวพันธุ์มากกว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ นอกจากนี้จะสังเกตเห็นว่าเมื่อปริมาณแป้งของหัวพันธุ์ลดลงจะพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงกว่าน้ำตาลชนิดอื่น (Shin, 2002) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพืชมีการเก็บสะสมน้ำตาลอยู่ในส่วนของแวคิวโอล (vacuole) (จริงแท้, 2549) ดังนั้นเมื่อทำการศึกษากิจกรรมเอนไซม์ vaculolar invertase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของ acid invertase ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส โดยมีรายงานการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมเอนไซม์ acid invertase กับปริมาณน้ำตาลซูโครสในแครอท (Ricardo and ap Rees, 1970) และบีทรูท (Roger, 1979) พบว่า เมื่อกิจกรรมเอนไซม์ acid invertase มีมากขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่สะสมอยู่ในชั้นของเซลล์แวคิวโอลลดน้อยลง (Ma *et al*., 2000) ซึ่งจากการทดลองพบว่า รากสะสมอาหารของหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมเอนไซม์ vaculolar invertase สูงกว่าในรากของหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (ภาพที่ 27) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์ยังคงมีอยู่ ทำให้หัวพันธุ์มีความต้องการที่จะนำน้ำตาลมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการต่างๆ จึงทำให้พบกิจกรรมเอนไซม์ vaculolar invertase เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า การเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหินที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบการงอกเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาหัวพันธุ์ ดังนั้นจากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหัวพันธุ์คือ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์ เช่น ลดการหายใจ การสลายอาหารสะสมและการคายน้ำ โดยสามารถเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหินที่อุณหภูมิดังกล่าวได้นาน 6 เดือน ทั้งนี้ข้อสรุปดังกล่าวพิจารณาจากคุณภาพ และลักษณะทางสรีรวิทยาของหัวพันธุ์ที่ปรากฏภายหลังการเก็บรักษาไม่รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอก และคุณภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของช่อดอกที่ได้จากหัวพันธุ์ที่ผ่านการเก็บรักษา ซึ่งต้องมีการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาต่อคุณภาพของช่อดอกต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป

1. สภาพการปลูกเลี้ยงหงส์เหิน ได้แก่ การปลูกเลี้ยงในแปลง ได้รับน้ำตามธรรมชาติ และการปลูกเลี้ยงในถุงพลาสติก ได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งการไว้ใบบนก้านช่อดอก ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคุณภาพ และอายุการปักแจกันในน้ำกลั่นของช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl

2. การให้เอทิลีนจากภายนอกไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและอายุการปักแจกันของช่อดอกหงส์เหินที่ได้จากการปลูกเลี้ยงในสภาพแตกต่างกัน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากอัตราการหายใจ พบว่าช่อดอกหงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl มีการหายใจคล้ายกับพืชในกลุ่ม non-climacteric

3. อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาหัวพันธุ์หงส์เหิน (*Globba williamsiana*) พันธุ์ Giant Violet Dancing Girl โดยสามารถเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 6 เดือน ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวสามารถควบคุมการฝ่อของหัวพันธุ์ การสูญเสียน้ำหนัก การผลิตเอทิลีน การหายใจ การลดลงของปริมาณแป้ง และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาล รวมทั้งควบคุมการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase และ vaculolar invertase ภายในหัวพันธุ์ได้ดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกพร บุญญะอติชาติ. 2541. **การศึกษาแนวทางยืดอายุปักแจกันและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการหลังการเก็บเกี่ยวของช่อดอกปทุมมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

จำลอง เพ็งคล้าย. 2539. ความหลากหลายของพรรณพืชดอยอินทนนท์, น. 1-44. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการทางพฤกษศาสตร์เรื่องทรัพยากรพืชของเชิงเขาหิมาลัย วันที่ 18 – 19 พฤศจิกายน 2539.** ณ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ และ โรงแรมฮอลิเดย์อินน์, เชียงใหม่.

ฉันทนา สุวรรณธาดา. 2536. **ไม้ดอกประเภทหัว.** ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ณัฏฐพล รัตนวรางค์. 2524. **ลักษณะประจำพันธุ์และการเจริญเติบโตของดอกเข้าพรรษา 4 ชนิด.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นริสา อุทัยฉาย. 2546. **ผลของ 1-methylcyclopropene ที่มีต่ออายุการปักแจกันและคุณภาพดอกกล้วยไม้สกุลหวาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2525. **การปฏิบัติภายหลังตัดดอกไม้.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

_____ และ ดนัย บุณยเกียรติ. 2537. **การปฏิบัติการภายหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิภา คุณทรงเกียรติ. 2537. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ อายุ ของดอกไม้ และการใช้น้ำยายืดอายุการใช้งานของดอกไม้. **เกษตรก้าวหน้า** 9 (2): 16-19.

นิศาชล ธำรงเลาหะพันธุ์. 2549. **ผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาและการกระตุ้นการงอกต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของหัวปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุศบรรณ ณ สงขลา. 2523. **พันธุ์ไม้อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่.** นิวธรรมดาการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ปรางทิพย์ สุพรรณพงศ์. 2548. **คุณลักษณะและประสิทธิภาพการย่อยสาหร่ายของอะไมเลสและโปรติเนสในหอยมุกน้ำจืด *Htriopsis (Hyriopsis) bialatus* Simpson.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พวงเพ็ญ ศิริรักษ์. 2532. **รายงานการวิจัยการสำรวจพืชวงศ์ขิงในบริเวณภาคใต้ของไทย.** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

_____. 2539. พืชสกุลขิง-ข่าของประเทศไทย (Zingiberaceae in Thailand), น. 35-49. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการทางพฤกษศาสตร์เรื่องทรัพยากรพืชของเชิงเขาหิมาลัย วันที่ 18 – 19 พฤศจิกายน 2539.** ณ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ และ โรงแรมฮอลิเดย์อินน์, เชียงใหม่.

พิมพ์ใจ อาภาวัชรุตม์, โสระยา ร่วมรังสี, ฉันทนา สุวรรณธาดา และพิศิษฐ์ วรอุไร. 2536. **การบังคับหัวขมิ้นแดง (*Curcuma roscoeana* Wall.) ให้ออกดอกในช่วงฤดูหนาว**. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มณทินี ธีรารักษ์. 2544. **การโคลนยีน 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase และ ACC oxidase ที่กำหนดการสร้างเอทิลีนในกล้วยไม้ออนซิเดียม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เยาวลักษณ์ แลงทั่น. 2544. ปทุมมานอกฤดูและการเก็บรักษาหัวพันธุ์. **วารสารกสิกร** 74: 78-86.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยา สุริยาภณานนท์. 2523. **อาหารและเครื่องปลูกของพืชสวน.** เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สัมพันธ์ คัมภิรานนท์. 2526. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สายชล เกตุษา. 2531. **เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้**. บริษัทสารมวลชนจำกัด, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาของพืช.** จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.

สมยศ กันณะ. 2539. **ผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาหัวพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของปทุมมา.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพจน์ เพ็ชรบุรี. 2537. **การศึกษาขนาดของหัวพันธุ์ การเก็บรักษาหัวพันธุ์ และการปรับปรุงคุณภาพหลังการ เก็บเกี่ยวดอกว่านมหาลาภ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข. 2549. **ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดน้ำ การสร้างโพรลีนและการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อดิศร กระแสชัย. 2541. **การรวบรวมพืชพื้นถิ่นเพื่อพัฒนาเป็นไม้ดอกไม้ประดับ.** ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อรวรรณ วิชัยลักษณ์ และ สุนทรี เรืองศรี. 2548. หงส์เหินไม้งามยามเข้าพรรษา. **วารสารมติชนชนบท ไม้ดอกไม้ประดับ** 17 (363): 26-29.

_____. 2554. **หงส์เหิน (ดอกเข้าพรรษา)**. กลุ่มส่งเสริมการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/flower/globba.pdf, 7 เมษายน 2554.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อศิรา เฟื่องฟูชาติ, วรรณี ฉินศิริกุล และนภดล เกิดดอนแฝก. 2546. Modified Atmosphere Packaging “บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาวะบรรยากาศ”. **วารสารพลาสติก** 19: 20-26.

อารมณ์ เผือกอ่ำ. 2537. **การสำรวจพืชพื้นล่างประเภทไม่มีเนื้อไม้ของป่าบริเวณทิศตะวันออกของดอยสุเทพที่ระดับความสูง 670 ถึง 750 เมตร เล่ม 2.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Andersen, M. N., F. Asch, Y. Wu, C. R. Jensen, H. Naested, V. O. Mogensen and K. E. Koch. 2002. Soluble invertase expression is an early target of drought stress during the critical, abortion-sensitive phase of young ovary development in maize. **Plant Physiol.** 130: 591-604.

AOAC. 1984. Official Method of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Inc, Viginia.

ap Rees, T. 1974. Pathways of carbohydrate breakdown in higher plants, pp. 89-127. *In* D. Northcote ed. **Plant Biochemistry.** University Park Press, Baltimore, Maryland.

Benhamou, N., J. Genier and M. J. Chrispeels. 1991. Accumulation of α-fructosidase in the cell walls of tomato roots following infection by a fungal wilt pathogen. **Plant Physiol**. 97: 739–750.

Bernfeld, E. P. 1955. Amylase α and β. **Methods in Enzymology**. 1: 149-158.

Bewley, J. D. and M. Black. 1983. **Physiology and Biochemistry of Seeds.** Springer-Verlag, Berlin.

Bhowmik, P. K., T. Matsui, K. Kawada and H. Suzuki. 2001. Seasonal changes of asparagus spears in relation to enzyme activities and carbohydrate content. **Scientia Hortic**. 88: 1-9.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Biale, J. B. 1960. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. **Adv. Food Res.** 10: 293-354.

Blankenship, S. M. and J. M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biol. Technol**. 18: 1-25.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.** 72: 248–254.

Eaks, I. L. 1980. Respiratory rate, ethylene production, and ripening response of avocado fruit to ethylene or propylene following harvest at different maturities. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 105: 744-747.

Elkashif, M. E., D. J. Huber and J. K. Brecht. 1989. Respiration and ethylene production in harvested watermelon fruit : evidence for nonclimacteric respiratory behavior. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 114: 81-85.

Eschrich, W. 1980. Free space invertase, its possible role in phloem unloading. **Ber. Dtsch. Bot. Ges.** 93: 363-378.

Halevy, A. H. 1976. Treatments to improve water balance of cut flowers. **Acta Hortic.** 64: 223-226.

Hew, C. S. 1980. Respiration of tropical orchid flowers, pp. 191-195. *In* S. Kashhemsanta ed. **Proc. 9th World Orchid Conference**. Bangkok. Thailand.

Hill, R. D. and McGregor, A. W. 1988. Cereal α-amylases in grain research and technology, pp. 217-261. *In* Y. Pomeranz ed. **Advances in Cereal Science and Technology.** Vol.9. Am. Assoc. Cereal Chem. St Paul, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hodge, J. E. and B. T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates, pp. 390-394. *In* R.L.Whistles and M.L.Wolform eds. **Methods in Carbohydrate Chemistry**. Vol.2. Academic Press, New York.

Holley, W. D. 1963. Grow keeping quality into your flower**,** pp. 9-18. *In* M.N. Rogers ed. **Living Flower that Last.** University of Missouri Press, Columbia.

Karen K. F., Jeffrey, C. S. and L. G. Campbell. 2010. Ethylene production and ethylene effects on respiration rate of postharvest sugarbeet roots. **Postharvest Biol. Technol.** 56: 71-76.

Kazunori, H., I. Ken-ichi, K. Hiroshi, M. Hiroyuki, M. Motoyuki, T. Shogo and T. Akiko. 2005. Effect of storage temperature on invertase, sucrose-6-phosphate synthase and UDP-glucose pyrophorylase activities of Japanese processing potatoes. **Food Preserve. Sci.** 31: 2.

Khanbari, O. S. and A. K. Thompson. 1996. Effect of controlled atmosphere, temperature and cultivar on sprouting and processing quality of stored potatoes. **Potato Research** 39: 523-531.

Kim J. Y., A. MaheÂ, J. Brangeon and J. L. Prioul. 2000. A maize vacuolar invertase, IVR2, is induced by water stress. Organ/tissue specify and diurnal modulation of expression. **Plant Physiol.** 124: 71-84.

Klann, E. M., R. T. Chetelat and A. B. Bennett. 1993. Expression of acid invertase gene controls sugar composition in tomato *(Lycopersicon)* fruit. **Plant Physiol.** 103: 863-870.

Lambrechts, H., F. Rook and C. Kolloffel. 1994. Carbohydrate status of tulip bulbs during cold-induced flower stalk elongation and flowering. **Plant Physiol.** 104: 515-520.

Legnani, G., C. B. Watkins and W. B. Miller. 2002. Use of low-oxygen atmosphere to inhibit sprout elongation of dry-scale Asiatic lily bulbs. **Acta Hort.** 570: 183-187.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Leopold, A. C. 1964. **Plant Growth and Development.** McGraw – Hill Book Co., New York.

Lurie, S. 2005. **Regulation of ethylene biosynthesis in fruits by aminoethoxyvinylglycine and 1-methylcyclopropene**. Stewart Postharvest Review. Available Source: http://www.stewartpostharvest.com/October_2005/Lurie.pdf, April 21, 2006.

Ma, H., H. H. Albert, R. Paull and P. H. Moore. 2000. Metabolic engineering of invertase activities in different subcellular compartments affects sucrose accumulation in sugarcane cells. **Aust. J. Plant Physiol.** 27: 1021–1030.

Makbul, S., N. G. Saruhan, N. Durmus and S. Guven. 2011. Change in anatomical parameters of soy bean under drought stress. **Turk. J. Bot.** 35: 369-377.

Manganaris, G. A., A. R. Vicente, C. H. Crisosto and J. M. Labavitch. 2007. Effect of dips in a 1-methylcyclopropene-generating solution of 'Harrow Sun' plums stored under different temperature regimes. **J. Agric. Food. Chem**. 55: 7015-7020.

Marousky, F. J. 1972. Water relation, effect of floral preservatives on bud opening and keeping quality of cut flowers. **HortSci.** 7: 114-116.

Mastalerz, J. W. 1963. The effect of water absorption before low temperature dry storage on the development of blue color in 'Better Times' roses. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 61: 593-598.

Maxwell, J. F. 1995. Vegetation and vascular flora of the Bam Sanehpawang area, Lai wo Subdistrict, Sangklaburi district, Kanchanaburi Province, Thailand. **Nat. Hist. Bull. Siam Soc.** 43: 131-170.

McConnell, D. B. and J. Host. 1980. Influence of watering frequency on growth and anatomy of lemon vine. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 93: 164-165.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Meyer, R. F. and J. S. Boyer. 1981. Osmoregulation, solute distribution and growth in soybean seedlings having low water potentials. **Planta** 151: 482-489.

Moe, R. and A. Wickstrom. 1973. The effect of storage temperature on shoot growth, flowering and carbohydrate metabolism in tulip bulbs. **Acta Hort.** 570: 183-187.

Noman, A. S. M., M. A. Hoque, P. K. Sen and M. R. Karim. 2006. Purification and some properties of α-amylase from post-harvest *Pachyrhizus erosus* L. tuber. **Food Chemistry** 99: 444-449.

Perry, C. A., R. A. Leigh, A. D. Tomos, R. E. Wyse and J. L. Hall. 1987. The regulation of the turgor pressure during sucrose mobilization and salt accumulation by excised storage-root tissue of red beet. **Planta** 170: 353-361.

Policegoudra, R. S. and S. M. Aradhya. 2007. Biochemical changes and antioxidant activity of mango ginger (*Curcuma amada* Roxb.) rhizomes during postharvest storage at different temperatures. **Postharvest Biol. Technol.** 46: 189-194.

Porat R., E. Shlomo, M. Serek, E. C. Sisler and A. Borochov. 1995. 1-Methylcyclopropene inhibits ethylene action in cut phlox flower. **Postharvest Biol. Technol.** 6: 313-319.

Pramanik, B. K., T. Matsui, H. Suzuki and Y. Kosugi. 2004. Changes in acid invertase activity and sugar distribution during postharvest senescence in broccoli. **J. Biol. Sci**. 7: 679-684.

Razzaque, M. A. and I. Roy. 1997. A study on weight loss occurring in three on-farm storage systems of potato tubers in Bangladesh. **Thai J. Agric. Sci.** 30: 53-58.

Ricardo, C. P. P. and T. ap Rees. 1970. Invertase activity during the development of carrot roots. **Phytochem.** 9: 239-247.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Robert, C. W. 1994. **Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables.** Chapman & Hall. One Penn Plaza, New York.

Roger, A. L., T. ap Rees, W. A. Fuller and J. Banfield. 1979. The location of acid invertase and sucrose in the vacuoles of storage roots of beetroot (*Beta vulgaris*). **Biochem. J.** 178: 539-547.

Rogers, M. N. 1973. An historical and critical review of postharvest physiology research on cut flowers. **HortSci.** 8: 189-194.

Rooney, M. 1995. **Active Food Packing.** Blackie Academic & Professional, London.

Serek, M., E. J. Woltering, E. C. Sisler, S. Frello and S. Sriskandarajah. 2006. Controlling ethylene responses in flower at the receptor level. **Biotechnol. Adv**. 24(4): 368-381.

Sharma, H. P. 1978. An improved homestore for potato storage. **J. Indian Potato Assoc.** 5: 188-189.

Sherson, S. M., H. L. Alford, S. M. Forbes, G. Wallace and S. Smith. 2003. Role of cell all invertase and monosaccharide transporters in growth and development of *Arabidopsis*. **J. Exp. Bot.** 54: 525-531.

Shin, K. S., D. Chakrabarty and K. Y. Paek. 2002. Sprouting rate change of carbohydrate contents and related enzymes during cold treatment of lily bulblets regenerated *in vitro*. **Scientia Hort.** 96: 195-204.

Sisler, E. C. and M. Serek. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. **Bot. Bull. Acad. Sin.** 40 : 1-7.

Sturm, A. and M. J. Chrispeels. 1990. cDNA cloning of carrot extracellular α-fructosidase and its expression in response to wounding and bacterial infection. **Plant Cell** 2: 1107-1119.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. **Plant Physiology**. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc, California.

van Doorn, W. G. 1997. Water relations of cut flowers. II. some species of tropical provenance. **Acta Hort.** 482: 65-69.

van Doorn, W. G. and R. R. Perik. 1990. Hydroxyquinoline citrate and low pH prevent vascular blockage in stems of cut rose flowers by reducing the number of bacteria. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 115: 979-981.

Wang, T. 1988. Ethylene in the postharvest physiology of tropical and subtropical fruit, pp 81-91. *In* J. B.-Peterson. ed. **Postharvest Handling of Tropical and Subtropical Fruit Crops.** Shuter Printing Co., Ltd. Taiwan.

Watkins, C. B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnol. Adv.** 24(4):389-409.

Wyse, R. E., E. Zamski and A. D. Tomos. 1986. Turgor regulation of sucrose transport in sugar beet taproot tissue. **Plant Physiol**. 81: 478-481.

Yang, S. F. and N. E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Ann. Rev. Plant Physiol.** 35: 155-189.

Zhou, Y. 2000. **Development and assimilate partitioning in wildtype and miniature phenotype maize kernels.** Ph.D. thesis, The Pennsylvania State University. USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายสุกฤษฎิ์ เมธาประสิทธิ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 22 พฤศจิกายน 2527
สถานที่เกิด	เพชรบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(พืชสวน) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์