



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ บทบาทของความสัมพันธ์ของน้ำและเอทิลีนกับการเสื่อมสภาพ  
และการเก็บรักษาดอกบัวหลวง

โดย น.ส.วชิรญา อิ่มสบาย

มิถุนายน 2553

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ บทบาทของความสัมพันธ์ของน้ำและเอทีลินกับการเสื่อมสภาพ  
และการเก็บรักษาดอกบัวหลวง

คณะผู้วิจัย

น.ส.วชิรญา อิ่มสบาย

สังกัด

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

## บทบาทของความสัมพันธ์ของน้ำและเอทิลีนกับการเสื่อมสภาพ และการเก็บรักษาดอกบัวหลวง

### บทคัดย่อ

ประเทศไทยปลูกดอกบัวหลวงเป็นการค้า และใช้ดอกบัวหลวงระยะดอกตูมเป็นไม้ตัดดอก แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานเพราะดอกบัวหลวงเกิดอาการกลีบดำในเวลาอันรวดเร็วจึงทำให้มีอายุการใช้งานสั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงสาเหตุของการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง การผลิตและการตอบสนองต่อเอทิลีนของดอกบัวหลวง รวมถึงการเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิต่ำ จากการวิจัยในส่วนที่ 1-ความสัมพันธ์ของน้ำกับการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง พบว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบุษย์มีอัตราการคายน้ำมากกว่าการดูดน้ำ ทำให้สมดุลน้ำมีค่าติดลบและลดลงระหว่างปักแจกันในน้ำกลั่น การกำจัดน้ำยางโดยการแช่กรด citric นาน 1 ชั่วโมง ก่อนปักแจกันหรือน้ำกลั่น หรือการปักแจกันดอกบัวหลวงในสารละลาย 8-hydroxyquinoline sulfate (8-HQS), sodium dichloroisocyanurate (DICA) และ silver nitrate (สารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์) ไม่ทำให้อายุปักแจกันเพิ่มขึ้น และอายุปักแจกันไม่แตกต่างจากการไม่กำจัดน้ำยางหรือปักแจกันหรือน้ำกลั่น ส่วนการครอบดอกบัวหลวงด้วยถุงพลาสติก polypropylene (PP) ทั้งที่เจาะและไม่เจาะรูลดการคายน้ำ เพิ่มสมดุลน้ำ ชะลออาการกลีบดำและยืดอายุปักแจกันได้ รวมทั้งพบว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและพันธุ์สัตตบุษย์สามารถทนการขาดน้ำได้ไม่เกิน 12 และ 9 ชั่วโมง ตามลำดับ

การวิจัยส่วนที่ 2-บทบาทของเอทิลีนต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง พบว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์มีอัตราการหายใจสูงและมีรูปแบบการหายใจเป็นแบบ climacteric และตรวจพบการผลิตเอทิลีนสูงสุดสองครั้ง ที่ 9-12 ชั่วโมง และ 18-21 ชั่วโมง และ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) มีปริมาณเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับกิจกรรมเอนไซม์ ACC synthase (ACS) ที่เพิ่มขึ้นหลังการตัดดอก ขณะที่เอนไซม์ ACC oxidase (ACO) มีกิจกรรมค่อนข้างต่ำและคงที่ แสดงว่าเอนไซม์ ACS เป็นเอนไซม์สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนของดอกบัวหลวง เมื่อให้เอทิลีนจากภายนอก (ปักแจกันในสารละลายเอทิลีนฟอน) พบว่าเอทิลีนเร่งให้ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์เกิดอาการกลีบดำเร็วขึ้น และเอทิลีนกระตุ้นให้มีปริมาณ ACC, กิจกรรมเอนไซม์ ACS และ ACO เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการผลิตเอทิลีน ขณะที่การรมสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP), สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน, ลดอัตราการสังเคราะห์เอทิลีนและชะลออาการกลีบดำของดอกบัวหลวงได้ชั่วคราว (2 วันแรกของการปักแจกัน)

การวิจัยส่วนที่ 3-การเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาดอกบัวหลวงอยู่ระหว่าง 10-15°C และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C ดอกบัวหลวงเกิดอาการสะท้อนหนาว โดยกลีบดอกเกิดสีน้ำตาลอมเทาและพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น รวมทั้งมีอายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาลดลง ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชอ่อนแอต่อการสะท้อนหนาวมากกว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ ซึ่งดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C ได้นาน 4.8 วัน ส่วนพันธุ์สัตตบุษย์เก็บรักษาได้นาน 9.9 วัน การลดการสะท้อนหนาวด้วยสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยบรรจุดอกบัวหลวง

พันธุ์สัตว์บกขในถุงพลาสติกที่พัฒนาขึ้นโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุศาสตร์แห่งชาติ (MTEC) สามารถลดอาการสะท้อนขาวและยืดอายุการเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิ 5°C ได้นานประมาณ 8 วัน ส่วนอาการสะท้อนขาวเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการรั่วไหลของประจุ, ปริมาณ total phenolics และกิจกรรมเอนไซม์ phenylamoniolyase (PAL) แต่เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) มีกิจกรรมลดลงระหว่างการเก็บรักษา

คำสำคัญ: ดอกบัวหลวง, อาการกลีบดำ, 8-HQS, DICA, silver nitrate, เอทิลีน, เอทิลเฟอน, ปริมาณ ACC, ACC synthase, ACC oxidase, 1-MCP, อาการสะท้อนขาว, สีน้ำตาล, การรั่วไหลของประจุ, PAL, PPO

## Role of Water Relation and Ethylene on Senescence and Storage Life of Cut Lotus Flowers

### Abstract

In Thailand, lotus flowers (*Nelumbo nucifera*) are grown commercially and flowers at bud stage are used as cut flower. The lotus flowers fail to open and show rapidly petal blackening and had a short vase life. Therefore, the objectives of this research was to study on a primary cause of flower senescence, ethylene production and ethylene response of lotus flowers, and the storage of lotus flowers at low temperature. Part I: water relation and senescence of lotus flowers, the result showed that Saddhabutra (*Nelumbo nucifera* cv. Album Plenum) and Sattabongkot (*Nelumbo nucifera* cv. Roseum Plenum) lotus flowers had a transpiration rate more than water uptake resulting in low water relation and decrease during holding in distilled water. Stopping latex flow with soaking in citric acid for 1 hour before holding in distilled water, or holding flowers in 8-hydroxyquinoline sulfate (8-HQS), sodium dichloroisocyanurate (DICA) and silver nitrate (all chemicals are germicide) had not increase in water uptake. The vase life in all treatments had not difference from non-stopping latex flow or holding in distilled water. Lotus flower covering with polypropylene (PP) bag with or without holes decreased water loss, increased water relation, delayed petal blackening and extended the vase life. In addition, Saddhabutra and Sattabongkot flowers had resistance to water stress for 12 and 9 hours, respectively.

Part II: The role of ethylene on lotus flower senescence, the result showed that *Nelumbo nucifera* cv. Album Plenum had high respiration rate as climacteric pattern and found two peaks of ethylene production at 9-12 hours and 18-21 hours. Increase in an 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) contents coincided with increase in ACC synthase (ACS) activity while ACC oxidase (ACO) activity was low level and constant after harvest. These data suggested that ACS was the main limiting factor of ethylene production in lotus flower. Exogenous ethylene (continuous inclusion in the vase water of ethephon) induced petal blackening rapidly and stimulated an increase in ACC content, ACS and ACO activities, and the rate of ethylene production. Treatment with 1-methylcyclopropene (1-MCP), an inhibitor of the ethylene receptor, reduced the rate of ethylene production and delayed initial petal blackening by about 2 days.

Part III: storage of lotus flowers at low temperature, it was found that lotus flowers should stored at 10-15°C. Lotus flowers storage at 5°C occurred chilling injury (CI) symptom, petal browning. The CI symptom had more severity with storage time and had a short vase life after storage. Sattabongkot flower was sensitive to CI than Saddhabutra flower. The storage life of

Sattabongkot flower storage at 5°C was about 4.8 days and Saddhabutra flower was about 9.9 days. The modified atmosphere storage, packing lotus flowers in developing plastic bag by MTEC, reduced CI symptom and extended the storage life at 5°C for 8 days. The increased in CI symptom accompanied with ion leakage, total phenolics content and phenylamoniaiyase (PAL) activity but the activity of polyphenol oxidase (PPO) decreased during storage.

Keywords: lotus flowers, petal blackening, 8-HQS, DICA, silver nitrate, ethylene, ethephon, ACC, ACC synthase, ACC oxidase, 1-MCP, chilling injury, browning, ion leakage, PAL, PPO

## Executive Summary

ดอกบัวหลวงเป็นไม้ตัดดอกที่นิยมใช้ในพิธีทางพุทธศาสนา และปัจจุบันได้มีนำดอกบัวหลวงมาใช้ในการตกแต่งสถานที่ของโรงแรมชั้นนำหลายแห่งในประเทศไทย แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานดอกบัวหลวง เพราะดอกบัวหลวงเกิดอาการกลีบดำ ทำให้เสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วและมีอายุการใช้งานสั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงสาเหตุของการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง การผลิตและการตอบสนองต่อเอทิลีนของดอกบัวหลวง รวมถึงการเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิต่ำ จากการวิจัยพบว่าดอกบัวเกิดอาการกลีบดำบริเวณขอบกลีบและขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นจนเต็มกลีบดอก ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชมีอายุการใช้งาน 2-4 วัน และ 3-5 วันตามลำดับ ขึ้นกับฤดูกาล ดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ไม่สามารถดูดน้ำมาทดแทนการคายน้ำได้ทัน เพราะดอกบัวหลวงคายน้ำสูงแต่ดูดน้ำได้น้อย จึงศึกษาถึงสาเหตุของการอุดตันท่อลำเลียงน้ำพบว่าน้ำยางบริเวณรอยตัดและเชื้อจุลินทรีย์ไม่ได้ทำให้ท่อลำเลียงน้ำของดอกบัวหลวงอุดตันและเมื่อลดการคายน้ำโดยการครอบถุงพลาสติกให้กับดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ สามารถเพิ่มสมมูลน้ำ ชะลออาการกลีบดำและยืดอายุการใช้งานออกไปได้อีกประมาณ 1 วัน ส่วนการขาดน้ำก็อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดอกบัวหลวงเสื่อมสภาพ โดยพบว่าดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ขาดน้ำเกิน 9-12 ชั่วโมง จะทำให้มีอายุการใช้งานสั้นลง

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชมีอัตราการหายใจสูง และเกิดการผลิตเอทิลีนสูงสุดสองครั้ง ที่ 9-12 ชั่วโมง และ 18-21 ชั่วโมง ดอกบัวหลวงตอบสนองต่อเอทิลีนให้จากภายนอก (สารละลายเอทิลีน) โดยเอทิลีนกระตุ้นให้กลีบดอกบัวหลวงดำเร็วขึ้นและอายุปักแจกันสั้นลง ในทางกลับกันเมื่อรมด้วยสาร 1-MCP (สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน) ชะลออาการกลีบดำได้ ดังนั้นเอทิลีนจึงเป็นฮอร์โมนพืชที่เร่งให้ดอกบัวหลวงระยะดอกตูมเกิดอาการกลีบดำ และจากข้อมูลการวิจัยคาดว่าความเครียดทางสรีรวิทยา (physiological stress) เช่น การขาดน้ำหรือขาดแหล่งพลังงาน กระตุ้นให้ดอกบัวหลวงผลิตเอทิลีนขึ้นเล็กน้อย และเอทิลีนเหล่านี้จะไปกระตุ้นให้มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นภายหลัง

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาดอกบัวหลวงอยู่ระหว่าง 10-15°C และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C ดอกบัวหลวงเกิดอาการสะท้อนหนาว โดยกลีบดอกบัวเกิดสีน้ำตาลอมเทาและพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น รวมทั้งมีอายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาสั้นลงด้วย และดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชอ่อนแอต่อการสะท้อนหนาวมากกว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช เมื่อบรรจุดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชในถุงพลาสติกที่พัฒนาขึ้นโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุศาสตร์แห่งชาติ (MTEC) สามารถลดอาการสะท้อนหนาวและยืดอายุการเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิ 5°C ได้นานประมาณ 8 วัน

## สารบัญ

|                           | หน้า |
|---------------------------|------|
| สารบัญ                    | (1)  |
| สารบัญตาราง               | (2)  |
| สารบัญภาพ                 | (4)  |
| บทที่ 1 บทนำ              | 1    |
| บทที่ 2 การตรวจเอกสาร     | 2    |
| บทที่ 3 วิธีการวิจัย      | 5    |
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์      | 16   |
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ | 86   |
| เอกสารอ้างอิง             | 88   |
| ภาคผนวก                   | 92   |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |                                                                                                                                                                                | หน้า |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1        | อายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น                                                                                                     | 16   |
| 2        | อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชที่ไม่ขาดน้ำและขาดน้ำเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว                                                         | 20   |
| 3        | อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชไม่กำจัดน้ำยางหรือกำจัดน้ำยางโดยแช่สารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 100 150 200 และ 250 mg/L เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น | 26   |
| 4        | อาการกลีบดำของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ดอกบัวไม่ครอบถุงครอบถุงไม่เจาะรู ครอบถุงเจาะ 4 รู และ 8 รู                                                                            | 32   |
| 5        | อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 200 300 และ 400 mg/L                                                             | 37   |
| 6        | อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 mg/L                                                               | 42   |
| 7        | อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย AgNO <sub>3</sub> ความเข้มข้น 25 50 75 และ 100 mg/L                                                    | 47   |
| 8        | อาการกลีบดำวันที่ 3 และอายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชเมื่อแช่ในสารละลาย STS ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาปักแจกันในน้ำกลั่น                     | 60   |
| 9        | อาการกลีบดำวันที่ 3 และอายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชเมื่อนำไปรมสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง                                                  | 63   |
| 10       | อาการกลีบดำวันที่ 3 และอายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่รมหรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 n/L และปักแจกันในน้ำกลั่นหรือสารละลายเอทิลฟอน 200 mg/l                | 67   |
| 11       | อายุการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15°C                                                                                                           | 74   |

### สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                                                                      | หน้า |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 12       | อายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15°C                                    | 74   |
| 13       | อายุการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์และสัตตบงกชเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10°C                               | 77   |
| 14       | อายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์และสัตตบงกชและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10°C                | 78   |
| 15       | อายุการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่บรรจุในถุงพลาสติก PE หรือ MTEC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C             | 83   |
| 16       | อายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่บรรจุในถุงพลาสติก PE หรือ MTEC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C | 83   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                                                                                                                                          | หน้า |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | การแบ่งขนาดดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช แบ่งออกเป็น 4 ขนาด คือ<br>ขนาดใหญ่ (ล่างขวา) ขนาดกลาง (ล่างซ้าย) ขนาดเล็ก (บนซ้าย)<br>และขนาดจิ๋ว (บนขวา)                                                            | 2    |
| 2      | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช<br>ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น                                                                                                                      | 17   |
| 3      | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช<br>และพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น                                                                                        | 18   |
| 4      | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่ขาดน้ำ<br>และขาดน้ำเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว                                                                       | 21   |
| 5      | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช<br>ที่ไม่ขาดน้ำ และขาดน้ำเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว                                                         | 22   |
| 6      | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่ขาดน้ำ<br>และขาดน้ำเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว                                                                       | 23   |
| 7      | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช<br>ที่ไม่ขาดน้ำ และขาดน้ำเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว                                                         | 24   |
| 8      | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่กำจัดน้ำยาง<br>หรือกำจัดน้ำยางโดยแช่ในสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 100 150 200 และ<br>250 mg/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น               | 27   |
| 9      | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช<br>ที่ไม่กำจัดน้ำยาง หรือกำจัดน้ำยางโดยแช่ในสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 100<br>150 200 และ 250 mg/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น | 28   |
| 10     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่กำจัดน้ำยาง<br>หรือกำจัดน้ำยางโดยแช่ในสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 100 150 200 และ<br>250 mg/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น               | 29   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                                                                                                                                                   | หน้า |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 11     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่กำจัดน้ำยาง หรือกำจัดน้ำยางโดยแช่ในสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 100 150 200 และ 250 mg/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น | 30   |
| 12     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ดอกบัวไม่ครอบงูครอบงูไม่เจาะรู ครอบงูเจาะ 4 รู และ 8 รู                                                                              | 33   |
| 13     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ดอกบัวไม่ครอบงู ครอบงูไม่เจาะรู ครอบงูเจาะ 4 รู และ 8 รู                                                                | 34   |
| 14     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ดอกบัวไม่ครอบงู ครอบงูไม่เจาะรู ครอบงูเจาะ 4 รู และ 8 รู                                                                             | 35   |
| 15     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ดอกบัวไม่ครอบงู ครอบงูไม่เจาะรู ครอบงูเจาะ 4 รู และ 8 รู                                                                | 36   |
| 16     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันใต้น้ำกลั่น และสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 200 300 และ 400 mg/L                                                           | 38   |
| 17     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันใต้น้ำกลั่น และสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 200 300 และ 400 mg/L                                              | 39   |
| 18     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันใต้น้ำกลั่น และสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 200 300 และ 400 mg/L                                                           | 40   |
| 19     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันใต้น้ำกลั่น และสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 200 300 และ 400 mg/L                                              | 41   |
| 20     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันใต้น้ำกลั่น และสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 mg/L                                                             | 43   |
| 21     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันใต้น้ำกลั่น และสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 mg/L                                                | 44   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                                                                                                                                                | หน้า |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 22     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 mg/L                                                              | 45   |
| 23     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 mg/L                                              | 46   |
| 24     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย AgNO <sub>3</sub> ความเข้มข้น 25 50 75 และ 100 mg/L                                                | 48   |
| 25     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย AgNO <sub>3</sub> ความเข้มข้น 25 50 75 และ 100 mg/L                                   | 49   |
| 26     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย AgNO <sub>3</sub> ความเข้มข้น 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 mg/L                                            | 50   |
| 27     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย AgNO <sub>3</sub> ความเข้มข้น 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 mg/L                               | 51   |
| 28     | อัตราการหายใจ (ก) และการผลิตเอทิลีน (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช หลังการเก็บเกี่ยวที่ปักแจกันในน้ำกลั่น                                                                                     | 54   |
| 29     | อัตราการหายใจ (ก) และการผลิตเอทิลีน (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกัน ในน้ำกลั่น หรือสารละลายเอทิลีนความเข้มข้น 200 mg/L และโหลเก็บแก๊สที่มีเฉพาะ สารละลายเอทิลีนความเข้มข้น 200 mg/L | 56   |
| 30     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกัน ในน้ำกลั่น หรือสารละลายเอทิลีน 200 mg/L                                                                                  | 57   |
| 31     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น หรือสารละลายเอทิลีน 200 mg/L                                                                      | 58   |
| 32     | อายุปักแจกันและเปอร์เซ็นต์ลีบของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น หรือสารละลายเอทิลีน 200 mg/L                                                                                     | 59   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                                                                                                                                                                                            | หน้า |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 33     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขย์ที่ไม่แช่ หรือแช่ สารละลาย STS ความเข้มข้น 1 2 และ 4 mM เป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนปักแจกันในน้ำ                                                                                     | 61   |
| 34     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขย์ ที่ไม่แช่ หรือแช่สารละลาย STS ความเข้มข้น 1 2 และ 4 mM เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนปักแจกันในน้ำ                                                                       | 62   |
| 35     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขย์ที่ไม่รม และรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 1000 2000 และ 4000 nI/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น                                                                                          | 64   |
| 36     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขย์ที่ไม่รม และรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 1000 2000 และ 4000 nI/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น                                                                             | 65   |
| 37     | การเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขย์ที่ไม่รม หรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 nI/L และปักแจกันในน้ำกลั่นหรือสารละลายเอทิลphonความเข้มข้น 200 mg/L เป็นเวลา 24 และ 72 ชั่วโมงหลังได้รับทรีทเมนต์ (C = Control, E = Ethephon, M = 1-MCP) | 66   |
| 38     | การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขย์ที่ไม่รม หรือ รมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 nI/L และปักแจกันในน้ำกลั่น หรือสารละลาย เอทิลphon 200 mg/L                                                                            | 69   |
| 39     | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมมูลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขย์ที่ ไม่รม หรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 nI/L และปักแจกันในน้ำกลั่น หรือ สารละลายเอทิลphon 200 mg/L                                                               | 70   |
| 40     | การผลิตเอทิลีน (ก) และปริมาณ ACC (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขย์ที่ไม่รม หรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 nI/L และปักแจกันในน้ำกลั่น หรือ สารละลายเอทิลphon 200 mg/L                                                                       | 71   |
| 41     | กิจกรรมเอนไซม์ ACS (ก) และ ACO (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขย์ที่ไม่รม หรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 nI/L และปักแจกันในน้ำกลั่น หรือ สารละลายเอทิลphon 200 mg/L                                                                         | 72   |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                                                                                                                                                      | หน้า |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 42     | คะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาวของดอกบัวพันธุ์สัตตบงกช เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15°C                                                                                                                | 75   |
| 43     | แสดงลักษณะดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชก่อนการเก็บรักษา (ก), ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 6 วัน (ข) และ 8 วัน (ค), เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C (ง) และ 15°C (จ) เป็นเวลา 8 วัน | 75   |
| 44     | คะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว (ก) และการร่วงไหลของประจุ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช และพันธุ์สัตตบงกช เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10°C                                                              | 79   |
| 45     | กิจกรรมเอนไซม์ PAL (ก) และเอนไซม์ PPO (ข) และปริมาณ total phenolic (ค) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช (Wh) และพันธุ์สัตตบงกช (Pk) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10°C                                       | 80   |
| 46     | คะแนนการเกิดอาการสะท้านหนาว (ก) และการร่วงไหลของประจุ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่บรรจุถุง PE หรือ MTEC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C                                                            | 84   |
| 47     | กิจกรรมเอนไซม์ PAL (ก) และเอนไซม์ PPO (ข) และปริมาณ total phenolic (ค) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่บรรจุถุง PE หรือ MTEC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C                                               | 85   |

## บทที่ 1

### บทนำ

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช (บัวฉัตรขาว) และพันธุ์สัตตบงกช (บัวฉัตรชมพู) เป็นไม้ตัดดอกที่นิยมใช้ในพิธีทางพุทธศาสนา และในปัจจุบันดอกบัวถูกนำมาใช้ในการประดับตกแต่งในงานสังสรรค์ และงานแต่งงานเป็นต้น รวมทั้งนำไปใช้ในการตกแต่งสถานที่ของโรงแรมชั้นนำในประเทศ ดอกบัวหลวงมีการส่งออกเป็นอันดับที่ 14 ของไม้ตัดดอกที่ส่งออกทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามบัวหลวงตัดดอกมักประสบปัญหาเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว และยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดว่าเหตุใดดอกบัวหลวงจึงการเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเสื่อมสภาพของไม้ตัดดอกส่วนใหญ่เกิดเนื่องจากการดูดน้ำไม่เพียงพอต่อการคายน้ำ การตอบสนองต่อเอทิลีน และการขาดแหล่งอาหาร เป็นต้น โดยมีสมมุติฐานว่าการที่ดอกบัวหลวงเสื่อมสภาพลงอย่างรวดเร็วหลังการเก็บเกี่ยว อาจเกิดจากการขาดน้ำ คือ ดอกบัวหลวงอาจมีการดูดน้ำน้อยกว่าการคายน้ำ ซึ่งการดูดน้ำลดลงหลังการเก็บเกี่ยว อาจเพราะท่อลำเลียงน้ำเกิดการอุดตันเนื่องจากน้ำยาง หรือมีจุลินทรีย์อุดตันในท่อลำเลียงน้ำระหว่างปากแจกัน และอาจไปกระตุ้นให้ดอกบัวมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นและนำไปสู่การเสื่อมสภาพในที่สุด และคาดว่าดอกบัวจะเกิดอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงศึกษาถึงความสัมพันธ์ของน้ำในดอกบัวหลวง การผลิตและการตอบสนองต่อเอทิลีนกับการเสื่อมสภาพของดอกบัว รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของดอกบัวหลวงระหว่างการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการใช้กรด citric 150 ppm (pH 3.1) ลดการไหลของน้ำยางได้ และไม่ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณโคนก้านดอกบัวหลวงเสียหาย แต่ดอกบัวหลวงมีอายุปากแจกันไม่แตกต่างจากการไม่ใช้กรด citric (ชุดควบคุม) ส่วนการลดการคายน้ำของดอกบัวโดยคลุมดอกบัวหลวงด้วยถุงพลาสติก polyethylene (PE) มีสมดุผลของน้ำมากกว่าที่ไม่ได้คลุมดอก และดอกบัวที่คลุมด้วยถุง PE เกิดอาการกลีบดำช้ากว่า แต่วันที่ 5 ของการปักแจกันพบว่ามีเปอร์เซ็นต์กลีบดำไม่แตกต่างกับดอกบัวที่ไม่คลุมดอกด้วยถุงพลาสติก เนื่องจากดอกบัวที่คลุมด้วยถุง PE มีความชื้นรอบ ๆ ดอกสูงทำให้เกิดโรค รวมทั้งมีคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงทำให้กลีบดอกเกิดความเสียหายจากคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้พบว่าดอกบัวหลวงมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูง

### วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำกับการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง
- เพื่อทราบถึงการผลิตเอทิลีนของดอกบัวหลวง และการตอบสนองต่อเอทิลีน
- เพื่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของดอกบัวหลวงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสาร

ดอกบัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaerth.) หรือเรียกว่า sacred หรือ Indian lotus จัดเป็น perennial herbaceous aquatic crops มีหลากหลายพันธุ์ มีสีขาว เหลือง ชมพูและแดง (Slocum et al., 1996) พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์บุณศรี ปทุม สัตตบุษย์ และสัตตบงกช นิยมนำมาบูชาพระ และปัจจุบันนำมาใช้ตกแต่งสถานที่ในการเลี้ยงสังสรรค์ งานแต่งงานหรืองานต่างๆ ในโรงแรม ทำให้มีการใช้ดอกบัวหลวงมากขึ้น และมีการส่งไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น เป็นต้น (Uorasa and Thanoumnuan, 2005) แหล่งปลูกดอกบัวหลวงที่สำคัญอยู่ในเขตภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี และสุพรรณบุรี พันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์สัตตบุษย์และสัตตบงกช เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวดอกบัวในช่วงเช้า และนำดอกบัวมาคัดขนาด โดยแบ่งดอกบัวออกเป็น 4 ขนาด คือ ดอกบัวขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็ก และขนาดจิ๋ว (ภาพที่ 1) และมัดก่า ก่าละ 10 ดอก ยกเว้นดอกบัวขนาดจิ๋ว ที่หนึ่งก่าจะมี 19 ดอก ดอกบัวแต่ละก่าห่อด้วยใบบัวและเปิดโหว่ดอกด้านบน



ภาพที่ 1 การแบ่งขนาดดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช แบ่งออกเป็น 4 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ (ล่างขวา) ขนาดกลาง (ล่างซ้าย) ขนาดเล็ก (บนซ้าย) และขนาดจิ๋ว (บนขวา)

ดอกบัวหลวงมีอายุการปักแจกันสั้นเพียง 2-3 วันหลังเก็บเกี่ยว ทำให้มีอายุการใช้งานสั้น และขณะที่วางจำหน่ายพบว่าสีกลีบดอกบัวจะซีดลงเล็กน้อย และขอบกลีบดอกบัวจะเกิดอาการดำทำให้มีอายุการวางจำหน่ายที่สั้น โดยเฉพาะอาการขอบกลีบดำซึ่งจะสังเกตเห็นได้ชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากดอกบัวเมื่อตัดออกจากต้นจะยังคงมีการหายใจและมีชีวิตอยู่เช่นเดียวกับที่ยูบนต้น แต่เมื่อตัดออก

จากต้นดอกไม้จะขาดแหล่งน้ำและอาหารทำให้ดอกไม้เกิดการเสื่อมสภาพ (senescence) หรือหมดอายุการใช้งานเร็วกว่าอยู่บนต้น ซึ่งคุณภาพของดอกไม้เกี่ยวข้องกับากการปฏิบัติก่อนการตัดและหลังการตัดดอกไม้ ดังนั้นถ้าต้องการดอกไม้ที่มีคุณภาพดี ควรจะต้องตัดดอกไม้ด้วยวิธีการที่ถูกต้อง และตัดดอกไม้ที่มีอายุเหมาะสม ซึ่งดอกไม้แต่ละชนิด แต่ละพันธุ์มีอายุการตัดดอกไม้ที่แตกต่างกัน เช่น ดอกกุหลาบตัดดอกเมื่อดอกยังไม่บานหรือเมื่อดอกเริ่มแย้มและปรากฏสีของกลีบดอก คาร์เนชัน ชนิดดอกช่อตัดเมื่อมีดอกบาน 2-3 ดอก และดอกตูมที่เหลืออยู่ในระยะตูมและเริ่มปรากฏสีของกลีบดอก (สายชล, 2531)

### การเสื่อมสภาพของดอกไม้

การขาดน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญต่ออายุการปักแจกันของดอกไม้ Halevy (1976) รายงานว่าการขาดน้ำเป็นสาเหตุของการหมดอายุปักแจกัน การที่ดอกไม้มีการสูญเสียน้ำตลอดเวลาทำให้ดอกไม้มีปริมาณน้ำภายในดอกลดลง และถ้าก้านดอกไม้ไม่มีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นแสดงว่าก้านดอกหรือโคนก้านดอกเกิดการอุดตัน เป็นผลให้ดอกไม้เหี่ยวและหมดสภาพในที่สุด ซึ่งการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำ (xylem) เกิดเนื่องจาก

- 1) เกิดจากบาดแผลที่บริเวณรอยตัด ทำให้ก้านดอกชำรุดและมีสารบางอย่างจากท่ออาหารไปอุดตันท่อน้ำ (Marousky, 1972)
- 2) มีฟองอากาศอยู่ภายในท่อน้ำ ทำให้ไปขัดขวางการลำเลียงน้ำไปสู่ดอกไม้ (Rogers, 1973)
- 3) จุลินทรีย์ในสารละลายที่แช่ดอกไม้โดยเฉพาะแบคทีเรียจะสร้างเมือกและไปอุดตันท่อน้ำที่โคนก้านดอก (Rogers, 1973)
- 4) เซลล์บริเวณรอยตัดของก้านดอกไม้มีการสร้างเอนไซม์ cellulase ย่อยสลายผนังเซลล์ได้เป็นเพคตินและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งสารเหล่านี้ไปอุดตันท่อน้ำของก้านดอก (สายชล, 2531)

การศึกษาในดอกบัวหลวงพบว่ามือน้ำยางไหลออกมาบริเวณบาดแผล และคาดว่าจะไปอุดตันท่อน้ำ จึงลดน้ำยางด้วยการจุ่มน้ำร้อน 30 วินาที ให้ผลลดน้ำยางดอกบัวได้ดีที่สุด (ผานันท์ และ สุรารัตน์, 2540) แต่การลดน้ำยางด้วยน้ำร้อนทำให้เนื้อเยื่อบริเวณที่จุ่มน้ำร้อนเกิดการตาย มีรายงานว่าการแช่โคนก้าน *Euphorbia fulgens* ในกรด citric (pH = 2.8) นาน 1 ชั่วโมง ลดการไหลของน้ำยางได้และไม่ทำให้เนื้อเยื่อตาย รวมทั้งมีอายุปักแจกันนานขึ้น (van Doorn, 1997) การทดลองใช้สารละลายสูตรต่าง ๆ ซึ่งมีสารฆ่าจุลินทรีย์เป็นองค์ประกอบ เช่น 8-hydroxyquinoline sulfate (HQS) และ silver nitrate ร่วมกับน้ำตาลซูโครส กับดอกบัว 4 พันธุ์ คือ สัตตบุษย์ สัตตบงกช บุษบก และ

ปทุม ทำให้ดอกบัวมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้น แต่มีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างจากการปักแจกันในน้ำกลั่น (บุญเกื้อ, 2537)

การหายใจ การหายใจเป็นการเผาผลาญพลังงาน เมื่อตัดดอกไม้ออกจากต้น ทำให้ดอกไม้ขาดแหล่งอาหาร คงเหลือแต่อาหารที่สะสมในใบและกลีบดอก ซึ่งดอกไม้ยังคงมีชีวิตอยู่ก็จะใช้อาหารที่สะสมไว้ไปเรื่อย ๆ ดังนั้นเมื่ออาหารสะสมถูกใช้หมดไป ดอกไม้จะเสื่อมสภาพและตายในที่สุด (Mastalerz, 1963) และพบว่าดอกไม้ที่มีอัตราการหายใจสูงมีอายุสั้นกว่าดอกไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ (Hew, 1978)

เอทิลีน เป็นฮอร์โมนชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญกับการเสื่อมสภาพของดอกไม้ ซึ่งดอกไม้ผลิตเอทิลีนได้เช่นเดียวกับผักและผลไม้ และเมื่อดอกไม้ได้รับเอทิลีนจากภายนอกในระดับต่ำ (0.002-0.5 ppm) ก็ทำให้ดอกไม้ได้รับความเสียหายได้ เช่น ดอกคาร์เนชั่นไม่บานเมื่อได้รับเอทิลีน กลีบดอกสีซีดและกลีบดอกเหี่ยวในดอกกล้วยไม้ และกลีบดอกกุหลาบสีแดงเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เป็นต้น (สายชล, 2531) และการทดลองใช้สาร silver thiosulfate (STS) เพื่อลดการทำงานของเอทิลีนในดอกบัว โดยฉีดพ่นดอกบัวพันธุ์บุษราคัมก่อนการเก็บเกี่ยว 1-3 วัน พบว่าชะลอการเปลี่ยนสีของกลีบดอก และการร่วงของกลีบดอกได้ (จินตนา และ ลาวัลย์, 2536) คณิงิจ (2544) ศึกษาวิธีการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวลดการผลิตเอทิลีนของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชได้ ขณะที่ดอกบัวที่เกิดการขาดน้ำตั้งแต่บ่อบัวมีการผลิตเอทิลีนสูงและอายุการปักแจกันสั้น

### การเก็บรักษาไม้ตัดดอกที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพและยืดอายุให้นานขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิต่ำจะลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และเมตาโบลิซึมต่าง ๆ การเก็บรักษาดอกไม้ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) โดยดอกไม้ในเขตร้อน เช่น หน้าวัว กล้วยไม้แวนด้า ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12-13 องศาเซลเซียส ขณะที่ดอกไม้ในเขตกึ่งร้อนและเขตหนาว เช่น แกลดิโอลัส ลินมังก์ร คาร์เนชั่น และเบญจมาศ ควรเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส (สายชล, 2531) การเก็บรักษาช่อดอกปทุมมาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เกิดอาการสะท้านหนาว โดย coma bract เปลี่ยนเป็นสีดำ นิ่มและเหี่ยว รวมทั้งเสื่อมสภาพเร็ว ขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ดอกปทุมมาไม่เกิดอาการสะท้านหนาว และเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา (กนกพร, 2541)

### บทที่ 3

#### วิธีการวิจัย

#### การทดลองที่ 1 ความสัมพันธ์ของน้ำกับการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

##### การทดลองที่ 1.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังเก็บเกี่ยวบัวหลวงตัดดอก

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช และสัตตบงกช ระยะดอกตูม ดอกชูเหนือน้ำนาน 10 วัน (ดอกขนาดกลาง) ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 25 เซนติเมตร วัดจากคอดอก ปักแจกันในกระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร บรรจุน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร และบันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน ดังนี้

##### 1.1 การดูดน้ำ (water uptake)

บันทึกการดูดน้ำในแต่ละวัน โดยดูปริมาตรน้ำในกระบอกตวงที่ลดลงไปแล้วนำไปคำนวณการดูดน้ำในแต่ละวันจากผลต่างของปริมาตรน้ำ มีหน่วยเป็น ml/flower/day

##### 1.2 การคายน้ำ (water loss)

บันทึกการคายน้ำในแต่ละวัน โดยบันทึกน้ำหนักของกระบอกตวง+น้ำ+ดอกบัว ที่เปลี่ยนแปลงไปแล้วนำไปคำนวณการคายน้ำในแต่ละวันจากผลต่างของน้ำหนัก ซึ่งปากกระบอกตวงจะปิดด้วยพาราฟิล์ม เพื่อป้องกันการสูญเสียจากทางอื่นนอกจากตัวของดอกบัวเอง มีหน่วยเป็น ml/flower/day

##### 1.3 สมดุลของน้ำ (water balance)

คำนวณได้จากผลต่างระหว่างการดูดน้ำและการคายน้ำ โดยมีหน่วยเป็น ml/flower/day  
 สมดุลของน้ำ = การดูดน้ำ – การคายน้ำ

##### 1.4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

บันทึกน้ำหนักสดของดอกบัวแต่ละดอกทุกวัน และนำมาคำนวณการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด  
 ดังนี้

$$\text{การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (\% of initial weight)} = \frac{\text{น้ำหนักของดอกบัวในแต่ละวัน} \times 100}{\text{น้ำหนักของสดเริ่มต้น (day 0)}}$$

### 1.5 อายุการปักแจกัน

กำหนดให้ดอกบัวหมดอายุการปักแจกัน เมื่อกลีบดอกบัวเกิดสีดำมากกว่าหรือเท่ากับ 50% ของพื้นที่กลีบดอกบัวทั้งหมด

### การทดลองที่ 1.2 ศึกษาการขาดน้ำต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงขะและสัตตบงกช ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง และเก็บเกี่ยวดอกบัวหลวงจากบ่อบัว โดยให้ดอกบัวขาดน้ำในระยะเวลาที่แตกต่างกันดังนี้ คือ control (แช่น้ำทันทีหลังการตัด หรือ ขาดน้ำ 0 ชั่วโมง) ขาดน้ำ 3 6 9 และ 12 ชั่วโมง และนำมาปักแจกันในน้ำกลั่น โดยบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 ทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน

### การทดลองที่ 1.3 ศึกษาการกำจัดน้ำยางบริเวณรอยตัด

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงขะและสัตตบงกช ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 25 เซนติเมตร วัดจากคอดอก นำมาลดน้ำยางด้วยกรด citric ความเข้มข้น 50 100 150 200 และ 250 mg/L เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น และไม่ลดน้ำยางด้วยกรด citric (control) โดยบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 ทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน

### การทดลองที่ 1.4 ศึกษาการลดการคายน้ำของดอกบัวหลวง

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงขะและสัตตบงกช ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 25 เซนติเมตร วัดจากคอดอก ปักแจกันในน้ำกลั่น และลดการคายน้ำ ดังนี้ control (ไม่ครอบถุงพลาสติก polypropylene : PP) ครอบถุงพลาสติก PP ไม่เจาะรู และเจาะรู 4 หรือ 8 รู และบันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

### การทดลองที่ 1.5 ศึกษาผลของสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่ออายุการปักแจกันดอกบัวหลวง

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงขะและสัตตบงกช ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 25 เซนติเมตร ปักแจกันในสารละลายที่มีสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ดังนี้

**การทดลองย่อยที่ 1.5.1** ผลของสารละลาย 8-hydroxyquinoline sulfate (8-HQS) ต่ออายุการปักแจกันดอกบัวหลวง

ปักแจกันดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชในสารละลาย 8-hydroxyquinoline sulfate (HQS) ความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น) 100 200 300 และ 400 mg/L

**การทดลองย่อยที่ 1.5.2** ผลของสารละลาย sodium dichloroisocyanurate (DICA) ต่ออายุการปักแจกันดอกบัวหลวง

ปักแจกันดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชในสารละลาย sodium dichloroisocyanurate (DICA) ความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น) 10 20 30 40 และ 50 mg/L

**การทดลองย่อยที่ 1.5.3** ผลของสารละลาย silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) ต่ออายุการปักแจกันดอกบัวหลวง

ปักแจกันดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชในสารละลาย silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) ความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น) 25 50 75 และ 100 mg/L ส่วนดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชปักแจกันในสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น) 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 mg/L

บันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

## การทดลองที่ 2 บทบาทของเอทิลีนต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

**การทดลองที่ 2.1** ศึกษาการหายใจและการผลิตเอทิลีนของบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 7 เซนติเมตร วัดจากคอดอก นำดอกบัว 1 ดอก (ทำ 5 ซ้ำ โดยให้ดอกบัว 1 ดอก คือ 1 ซ้ำ) บรรจุลงในขวดโหลสำหรับเก็บก๊าซขนาด 1,800 มิลลิตร โดยเก็บก๊าซในระบบปิด ปิดขวดโหลเป็นเวลา 10 นาที และเก็บก๊าซจากโหล นำไปฉีดเข้าเครื่อง gas chromatograph (GC) เพื่อตรวจวัดการปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) สำหรับวัดอัตราการหายใจ และเอทิลีน ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) สำหรับวัดการผลิตเอทิลีน โดยเก็บก๊าซทุก ๆ 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

**การทดลองที่ 2.2** ศึกษาบทบาทของเอทิลีนจากภายนอกต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 25 เซนติเมตร วัดจากคอดอก ปักแจกันในน้ำกลั่น หรือสารละลายเอทิลีนความเข้มข้น

200 mg/L บันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 และวัดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.1

**การทดลองที่ 2.3** ศึกษาผลของสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

**การทดลองที่ 2.3.1** ผลของสารละลาย silver thiosulfate ต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 25 เซนติเมตร วัดจากคอดอก ปักแจกันในน้ำกลั่นหรือแช่ดอกบัวในสารละลาย silver thiosulfate (STS) ความเข้มข้น 1 และ 4 mM เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น บันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

**การทดลองที่ 2.3.2** ผลของสาร 1-methylcyclopropene ต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 25 เซนติเมตร วัดจากคอดอก นำมารมด้วยสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) ความเข้มข้น 500 1000 2000 และ 4000 nl/L เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และปักแจกันในน้ำกลั่น บันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

**การทดลองที่ 2.4** ศึกษาบทบาทเอทิลีนจากภายนอกพร้อมกับสาร 1-MCP ต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 25 เซนติเมตร วัดจากคอดอก ปักแจกันในน้ำกลั่น หรือ แช่สารละลายเอทิลีน 200 mg/L และรมหรือไม่รมด้วยสาร 1-MCP เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง บันทึกผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 และวัดการผลิตเอทิลีนของดอกบัวหลวงในทุกทริทเมนต์ ทุก 3 ชั่วโมง จนครบ 24 ชั่วโมง หลังจาก 24 ชั่วโมงจะตรวจวัดการผลิตเอทิลีนทุกวันจนกระทั่งจนดอกบัวหลวงเสื่อมสภาพ เก็บตัวอย่างกลีบดอกชั้นนอกที่เกิดอาการกลีบดำไปวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ โดยเก็บตัวอย่างก่อนได้รับทริทเมนต์ และหลังได้รับทริทเมนต์ที่ 0 6 12 18 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ แล้วนำไปแช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลวอุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส จากนั้นมาเก็บรักษาในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) และกิจกรรมเอนไซม์ ACC synthase (ACS) และ ACC oxidase (ACO)

### ปริมาณ ACC ดัดแปลงวิธีของ Hoffman and Yang (1982)

#### การสกัด

นำชิ้นส่วนกลีบดอกบัวหลวงที่แช่แข็งมาชั่งน้ำหนัก (2 กรัม) แล้วนำชิ้นส่วนมาบดละเอียดในไนโตรเจนเหลวด้วยโกร่งที่แช่เย็นจัด ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) ให้ละเอียด และสกัดด้วย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 9 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 1 : 3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เพื่อให้ TCA เข้าสู่เนื้อเยื่อประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ บ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วยผ้ากรอง 4 ชั้น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำเฉพาะสารละลายส่วนใสที่สกัดได้ นำมาปรับ pH โดยหยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 1 N จนกระทั่งได้ pH 7-8

#### การวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 6 มิลลิลิตร ตัวอย่างละ 6 หลอด ๆ ละ 500 ไมโครลิตร โดย 3 หลอดแรกเป็นตัวอย่างเติมสารละลาย  $\text{HgCl}_2$  ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 300 ไมโครลิตร ส่วน 3 หลอดหลังเป็น internal standard มีส่วนผสมของสารละลาย ACC ของกลีบดอกบัวหลวงที่สกัดได้และ  $\text{HgCl}_2$  เช่นเดียวกันกับ 3 หลอดแรก แต่เติมน้ำกลั่นปริมาตร 250 ไมโครลิตร แล้วเติมสารละลาย 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) มาตรฐานความเข้มข้น 0.04 มิลลิโมล ปริมาตร 50 ไมโครลิตร หลังจากเติมสารปิดปากหลอดด้วยจุกยางให้แน่นแล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า (vortex mixture) หลังจากนั้นใช้หลอดฉีดยานี้ดสารละลายผสมที่เย็นของ NaOH อิมตัว และ NaOCl (Clorox<sup>®</sup>) ความเข้มข้น 5.25 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 1 : 2 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากันอีกครั้งด้วยเครื่องเขย่า แช่หลอดทดลองในอ่างน้ำแข็งประมาณ 3 นาที แล้วใช้หลอดฉีดยาดูดอากาศภายในเข้าออก 10-15 ครั้ง ตรวจสอบปริมาณเอทิลีนจากตัวอย่างของอากาศภายในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร ด้วยเครื่อง gas chromatograph แล้วนำมาคำนวณความเข้มข้นของ ACC มีหน่วยเป็นนาโนโมลของ ACC ต่อกรัมของเนื้อเยื่อ (nmol ACC/gFW)

### กิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase ดัดแปลงวิธีของ Hoffman and Yang (1982)

#### การสกัด

นำกลีบดอกบัวหลวงที่แช่แข็งมาชั่งน้ำหนัก 2 กรัม แล้วบดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลวในโกร่งที่แช่เย็นจัด ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) รอให้เนื้อเยื่ออ่อนตัว แล้วเติมสารละลาย homogenization buffer (ประกอบด้วย N-(2-hydroxyethyl) piperazine-N<sup>+</sup>-(3-propane-sulfonic acid) (EPPS) ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์, dithiothreitol (DTT) ความเข้มข้น 4 มิลลิโมลาร์ และ pyridoxal phosphate ความเข้มข้น 0.5 ไมโครโมลาร์, pH 8.5) ในอัตราส่วน 1 : 3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) จากนั้นกรองด้วย

ผ้ากรอง 4 ชั้น แล้วนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำสารละลายส่วนใสที่สกัดได้มา dialyze ด้วยสารละลาย dialysis buffer (ประกอบด้วย EPPS ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์, DTT ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ และ pyridoxal phosphate ความเข้มข้น 0.2 ไมโครโมลาร์, pH 8.5) ปริมาตร 10 เท่าของส่วนใส ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกปริมาตรหลังจากการ dialyze แล้ว

#### การวิเคราะห์

นำสารละลายเอนไซม์ที่ dialyze แล้วแบ่งใส่หลอดทดลองปริมาตร 400 ไมโครลิตร ใส่หลอดทดลองขนาด 6 มิลลิลิตร จำนวน 6 หลอด เติม incubation buffer (ประกอบด้วย EPPS ความเข้มข้น 600 มิลลิโมลาร์, pH 8.5) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร แล้วเติมสารละลาย S-adenosylmethionine (SAM) ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 60 ไมโครลิตร (สารแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส) และ น้ำกลั่นปริมาตร 90 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า (vortex mixture) แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำแข็ง โดย 3 หลอดแรกเป็น ตัวอย่าง เติม  $\text{HgCl}_2$  ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 200 ไมโครลิตร ส่วน 3 หลอดหลังเป็น internal standard มีส่วนผสมของสารละลายเอนไซม์ที่บ่มแล้ว SAM และ  $\text{HgCl}_2$  เช่นเดียวกันกับกลุ่มแรก แต่เติมน้ำกลั่นปริมาตร 150 ไมโครลิตร แล้วเติม สารละลาย ACC มาตรฐานความเข้มข้น 0.04 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร หลังจากเติมสาร แล้วปิดจุกยางให้แน่นแล้วเติมสารผสมที่เป็นของสารละลาย NaOH ที่อิ่มตัวและ NaOCl (Clorox®) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 1:2 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เขย่าให้ เข้ากันอีกครั้งด้วยเครื่องเขย่า แล้วนำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำแข็งประมาณ 3 นาที แล้วใช้หลอดฉีด ยาดูดอากาศภายในเข้าออก 10-15 ครั้ง แล้วเก็บตัวอย่างของอากาศภายในหลอดทดลองเหนือ สารละลาย 1 มิลลิลิตร นำไปตรวจสอบปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatograph แล้วนำค่าเอ ทิลีนที่ได้ไปคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase โดยวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Bradford (1976) โดยมีหน่วยเป็นนาโนโมลของ ACC ต่อชั่วโมงต่อมิลลิกรัมโปรตีนของเนื้อเยื่อ (nmole ACC/h/mg protein)

#### **กิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase** ดัดแปลงวิธีของ Kato และ Hyodo (1999)

#### การสกัด

นำกลีบดอกบัวหลวงที่แช่แข็งมาชั่งน้ำหนัก 2 กรัม แล้วบดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลวใน โกร่งที่แช่เย็นจัด ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) รอให้เนื้อเยื่ออ่อนตัว แล้วเติมด้วยสาร extract buffer ประกอบด้วย Tris (hydroxymethyl)-aminomethane (Tris-HCl) pH 7.2 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์, L-(+)-ascorbic acid salt (Na-Ascorbate) ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์, dithiothreitol (DTT) ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์, glycerol ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) ในอัตราส่วน 1 : 3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) จากนั้นกรองด้วยผ้ากรอง 4 ชั้น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อ

นาที (rpm) เป็นเวลา 20 นาที แยกสารละลายส่วนใสเก็บไว้ นำเฉพาะสารละลายส่วนใสที่สกัดได้มาทำการวิเคราะห์ ACO

### การวิเคราะห์

นำสารละลายเอนไซม์ใส่ในหลอดทดลองขนาด 6 มิลลิลิตร 3 หลอดปริมาตร 500 ไมโครลิตร เปรียบเทียบกับอีก 3 หลอดที่ใส่ extract buffer ปริมาตร 500 ไมโครลิตร แล้วนำทั้ง 6 หลอดมาใส่ reaction buffer (ประกอบด้วย Tris-HCl pH 7.2 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์, Na-ascorbate ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์,  $\text{NaHCO}_3$  ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์,  $\text{FeSO}_4$  ความเข้มข้น 100 ไมโคร-โมลาร์ และ glycerol ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์) ปริมาตร 400 ไมโครลิตร แล้วเติมสารละลาย ACC มาตรฐาน ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นปิดปากหลอดด้วยจุกยางให้แน่น และผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า (vortex mixture) แล้วนำไปบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำแข็งแล้วใช้หลอดฉีดยาดูดอากาศภายในเข้าออก 10-15 ครั้ง แล้วเก็บตัวอย่างของอากาศภายในหลอดทดลองเหี่ยวสารละลาย 1 มิลลิลิตร นำไปตรวจสอบปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatograph แล้วนำค่าเอทิลีนที่ได้มาคำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase มีหน่วยนาโนลิตรของเอทิลีนต่อกรัมน้ำหนักสดต่อชั่วโมงต่อมิลลิกรัมโปรตีน ( $\text{nLC}_2\text{H}_4/\text{g/h/mg protein}$ ) โดยวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Bradford (1976)

### **การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Bradford, 1976)**

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ ACS และ ACO ต้องเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีน โดยดูดสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง และเติมสารละลาย Coomassie Brilliant Blue G-250 ความเข้มข้น 0.0125 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5-60 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-240 spectrophotometer โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ bovine serum albumin (BSA) ความเข้มข้น 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

## **การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของดอกบัวหลวงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ**

### **การทดลองที่ 3.1 การเก็บรักษาดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ**

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 40 เซนติเมตร วัดจากคอดอก ฉีดพ่นดอกด้วยโพคลอราซ (Prochloraz) ความเข้มข้น 100 mg/L แล้วผึ่งให้แห้งและหุ้มโคนก้านดอกด้วยผ้าชุบน้ำกั้น ก่อนบรรจุลงในถุงพลาสติก polyethylene (PE) ขนาด 20x30 นิ้ว เจาะรู 18 รู (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 1 เซนติเมตร) และบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก กล่องละ 10 ดอก แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15 องศา

เซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษาจะนำดอกบัวออกมาปักแจกันในน้ำกลั่น ทุก ๆ 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน และบันทึกผลการทดลองดังนี้

### 3.1 อายุการปักแจกันหลังการเก็บรักษา

กำหนดให้ดอกบัวหมดอายุการปักแจกัน เมื่อกลีบดอกบัวเกิดสีดำมากกว่าหรือเท่ากับ 50% ของพื้นที่กลีบดอกบัวทั้งหมด

### 3.2 คะแนนอาการสะท้อนหนาว

1 = ไม่เกิดอาการสะท้อนหนาว (CI)

2 = เกิด CI > 10-20 %

3 = เกิด CI > 20-30 %

4 = เกิด CI > 30-50 %

5 = เกิด CI > 50 %

### 3.3 อายุการเก็บรักษา

กำหนดให้ดอกบัวหมดอายุการเก็บรักษา เมื่อดอกบัวเกิดอาการสะท้อนหนาวมากกว่าหรือเท่ากับ 3 คะแนน หรือกลีบดอกบัวเกิดสีดำมากกว่าหรือเท่ากับ 50% ของพื้นที่กลีบดอกบัวทั้งหมด

**การทดลองที่ 3.2** ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของบัวหลวงตัดดอก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช และสัตตบงกช ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 40 เซนติเมตร วัดจากคอดอก ฉีดพ่นดอกด้วยโพคลอราซ (Prochloraz) ความเข้มข้น 100 mg/L แล้วผึ่งให้แห้งและหุ้มโคนก้านดอกด้วยสาลิซูปน้ำกลั่น ก่อนบรรจุลงในถุงพลาสติก polyethylene(PE) ขนาด 20x30 นิ้ว เจาะรู 18 รู (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 1 เซนติเมตร) และบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก กล่องละ 10 ดอก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษาจะนำดอกบัวออกมาปักแจกันในน้ำกลั่น ทุก ๆ 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน และบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1 และวัดค่าการรั่วไหลของประจุ (ion leakage) และเก็บตัวอย่างกลีบดอกบัวในวันที่ 0 6 และ 12 วัน ของการเก็บรักษา แล้วนำไปแช่แข็งด้วยไนโตรเจนเหลวอุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส สำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) และกิจกรรมเอนไซม์ phenylalanine lyase (PAL) และ polyphenol oxidase (PPO)

### การรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage) ดัดแปลงวิธีของ Campos *et al.* (2003)

ตัดส่วนบริเวณขอบกลีบดอก (petals) ของบัวหลวงขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ปริมาณ 0.2 กรัม ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที จากนั้นนำกลีบดอกบัวใส่ใน facon tube ที่มีสารละลาย แมนนิทอล (mannitol) 0.3 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปวางบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง conductometer (TH 27) และนำเนื้อเยื่อดอกบัวไปแช่ในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าอีกครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณ เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ} = \frac{\text{ค่าการนำไฟฟ้าก่อนการต้ม} \times 100}{\text{ค่าการนำไฟฟ้าหลังการต้ม}}$$

### ปริมาณ total phenolics ดัดแปลงวิธีของ Sigleton and Rossi (1965)

ชั่งกลีบดอกบัวหลวง 1 กรัม นำมาบดด้วยไนโตรเจนเหลวในโกร่งที่แช่เย็นจัด (-20°C) ให้ละเอียด เติม alcohol 80% ปริมาตร 4 มิลลิลิตร บดจนเนื้อเยื่อแตก แล้วกรองด้วยผ้ากรอง 4 ชั้น นำไปเหวี่ยงโดยใช้แรงเหวี่ยง 10,000 rpm เป็นเวลานาน 20 นาที เก็บส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อ โดยใช้สารที่สกัดได้ 100 ไมโครลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 900 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ 4 มิลลิลิตร เขย่าให้กัน แล้วนำไป incubate ใน water bath ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาในน้ำแข็ง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Gallic acid ที่ระดับความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

### กิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ดัดแปลงวิธีของ Ke and Salveit (1986)

ชั่งกลีบดอกบัวหลวง 1 กรัม นำมาบดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลวในโกร่งที่แช่เย็นจัด (-20°C) เติมสาร PVPP 0.2 กรัม เติมสารละลายโซเดียมบอโรเตบัพเฟอร์ pH 8.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บดให้เข้ากันแล้วกรองด้วยผ้ากรอง 4 ชั้น จากนั้นนำสารละลายเอนไซม์ที่ได้โดยใช้แรงเหวี่ยง 10,000 rpm นาน 20 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสที่ได้ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมบัพเฟอร์ 3 มิลลิลิตร ใส่สารละลายฟีนอลอะลานีนปริมาตร 0.7 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วนำไป incubate ใน water bath ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1

ชั่วโมง จากนั้นหยุดปฏิกิริยาด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 5 N ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรด cinnamic ที่ระดับ 0 10 20 30 40 50 และ 60 ไมโครกรัม จากนั้นหาปริมาณโปรตีนในสารละลายเอนไซม์และคำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ โดยมีหน่วยเป็น mg protein (1 unit หมายถึงการสร้างกรด cinnamic 1  $\mu\text{g/ml}$  ในเวลา 1 ชั่วโมง ) หน่วยที่ได้เป็นหน่วยปฏิกิริยาของ PAL ต่อมิลลิกรัมโปรตีน

**กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ดัดแปลงวิธีของ Fukumoto et al. (2002)**

ชั่งกลีบดอกบัวหลวง 1 กรัม นำบดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลวในโกร่งที่แช่เย็นจัด ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) เติมสาร polyvinylpyrrolidone (PVPP) 0.2 กรัม และสารละลายโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ที่แช่เย็น 4 องศาเซลเซียส ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บดให้เข้ากันแล้วกรองด้วยผ้ากรอง 4 ชั้น จากนั้นนำสารละลายเอนไซม์ที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 20 นาที เก็บส่วนใสไว้ในหลอดแก้วปิดฝาแช่หลอดในน้ำแข็ง ก่อนนำไปตรวจวิเคราะห์ภายในเวลา 5 ชั่วโมงหลังจากการสกัด โดยนำสารละลายโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร (บัฟเฟอร์ผสมปริมาตรบัฟเฟอร์ 1.0 มิลลิลิตร) ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติมส่วนของสารสกัดเอนไซม์ที่ได้ปริมาตร 0.02 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย catechol ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร (บัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช เติม catechol ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร) จากนั้นนำไปเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง หลังเขย่าตัวอย่างเป็นเวลา 5 นาที ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer จากนั้นนำสารสกัดเอนไซม์มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีมาตรฐาน Bradford (1976) ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นหน่วยปฏิกิริยาของ catechol oxidase ต่อมิลลิกรัมโปรตีน โดย 1 unit หมายถึงการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ในเวลา 1 นาที

**การทดลองที่ 3.3 การลดอาการสะท้อนของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ**

นำดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช (อ่อนแอต่ออาการสะท้อนหนาว) ระยะดอกตูม-ขนาดกลาง ตัดก้านดอกเฉียง 45 องศา ความยาว 40 เซนติเมตร วัดจากคอดอก ฉีดพ่นดอกด้วยโพคลอราซ (Prochloraz) ความเข้มข้น 100 mg/L แล้วผึ่งให้แห้งและหุ้มโคนก้านดอกด้วยสาลี่ชุบน้ำกลั่น ก่อนบรรจุลงในถุงพลาสติก polyethylene (PE) ขนาด 20x30 นิ้ว เจาะรู 18 รู (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 1 เซนติเมตร) หรือบรรจุแต่ละดอกในถุงพลาสติกที่พัฒนาโดย MTEC ขนาด 15.3 X 67 เซนติเมตร

และปิดปากถุงด้วยเครื่องซีล บรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก กล่องละ 10 ดอก นำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษาจะนำดอกบัวออกมาปักแจกันในน้ำกลั่น ทุก ๆ 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน และบันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1 และ 3.2

## บทที่ 4

### ผลและวิจารณ์

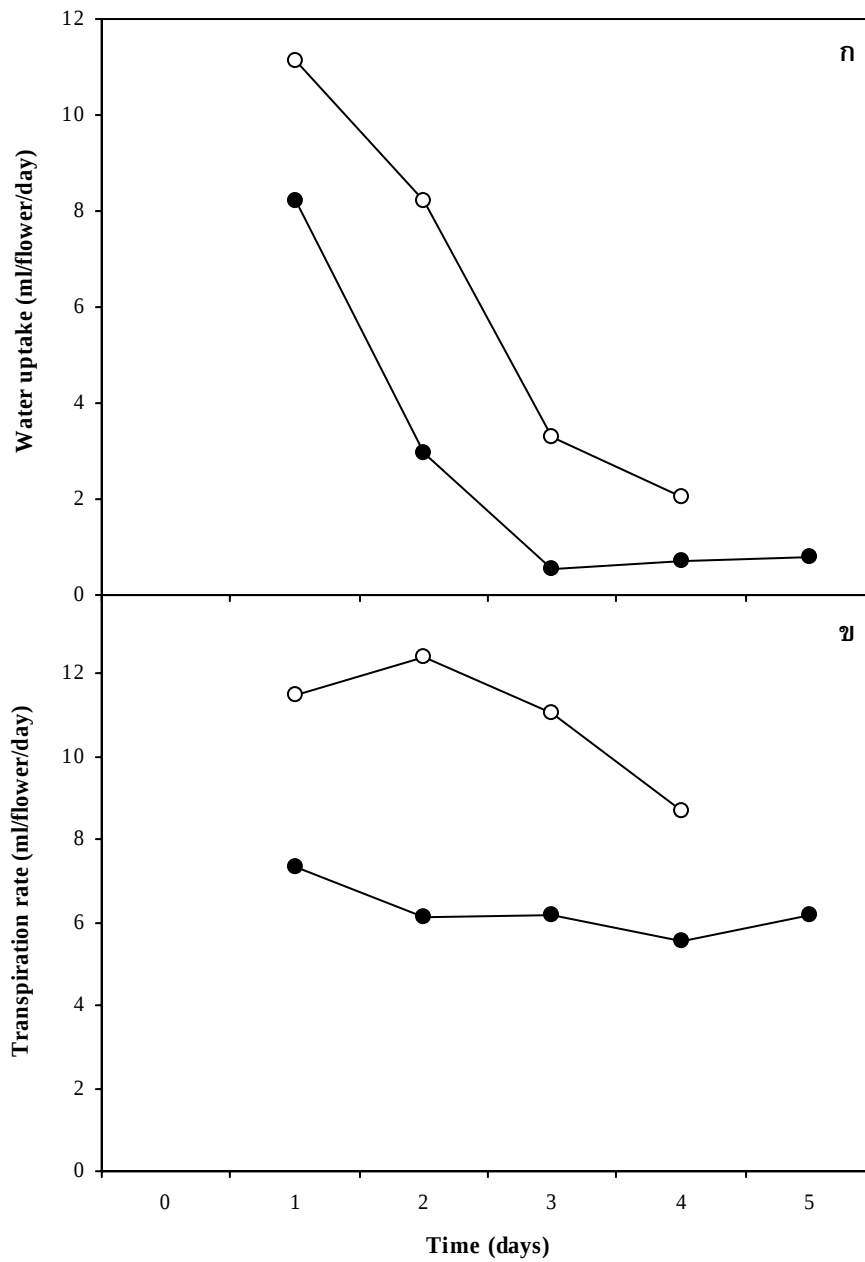
#### การทดลองที่ 1 ความสัมพันธ์ของน้ำกับการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

##### การทดลองที่ 1.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังเก็บเกี่ยวบัวหลวงตัดดอก

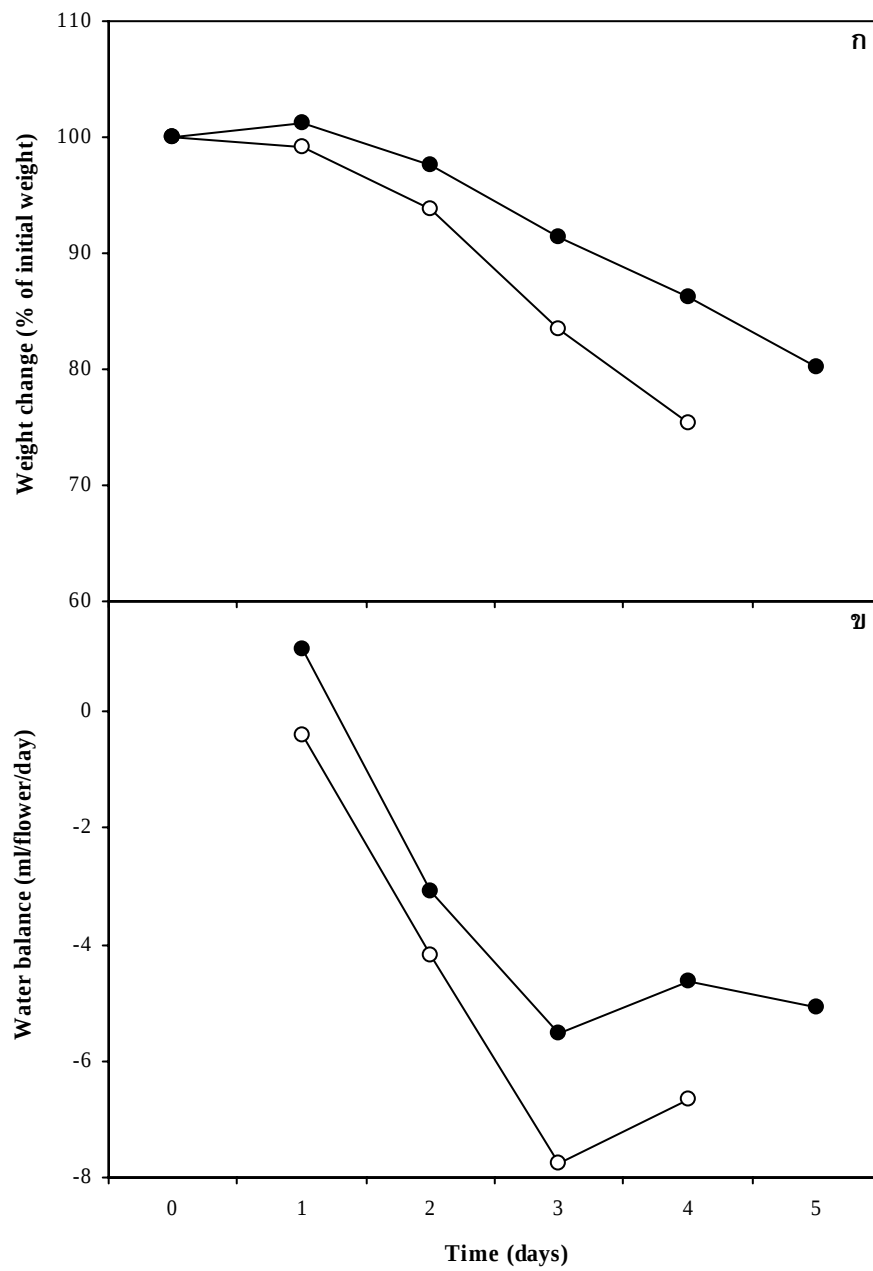
ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบุษย์มีอัตราการดูดน้ำลดลงระหว่างการปักแจกันและลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสองวันแรก (ภาพที่ 2ก) อาจเพราะท่อลำเลียงน้ำเกิดการอุดตันจากเชื้อแบคทีเรีย น้ำยาง ฟองอากาศ หรือสารบางอย่างที่พืชสร้างขึ้นบริเวณรอยตัดของก้าน (van Doorn, 1999) ขณะที่ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์มีอัตราการคายน้ำค่อนข้างสูงในสองวันแรกและลดลงเล็กน้อย ส่วนดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชมีอัตราการคายน้ำค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการปักแจกัน และมีอัตราการคายน้ำน้อยกว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ (ภาพที่ 2ข) การคายน้ำของดอกบัวหลวงที่ค่อนข้างสูง และการดูดน้ำลดลงระหว่างการปักแจกัน อาจเป็นสาเหตุให้ดอกบัวหลวงเกิดการขาดน้ำ และทำให้มีอายุปักแจกันสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับกุหลาบ คาร์เนชั่น และกล้วยไม้ เป็นต้น และพบว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชมีการเปลี่ยนน้ำหนักลดลงช้ากว่า และสมมูลน้ำมากกว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ (ภาพที่ 3) สอดคล้องกับอายุการปักแจกันซึ่งพบว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์มีอายุปักแจกันสั้นกว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชเล็กน้อย (ตารางที่ 1)

##### ตารางที่ 1 อายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์และสัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น

| พันธุ์ดอกบัวหลวง | อายุปักแจกัน (วัน) |
|------------------|--------------------|
| สัตตบุษย์        | 3.6                |
| สัตตบงกช         | 3.9                |



ภาพที่ 2 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช (○) และพันธุ์สัตตบงกช (●) ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช (○) และพันธุ์สัตตบงกช (●) ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น

## การทดลองที่ 1.2 ศึกษาการขาดน้ำต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

### พันธุ์สัตตบุชย์

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่ไม่ขาดน้ำ มีอายุปักแจกันไม่แตกต่างจากดอกบัวที่ขาดน้ำ 3 6 9 และ 12 ชั่วโมง แต่ดอกบัวที่ขาดน้ำ 3 ชั่วโมงมีอายุปักแจกันนานกว่าดอกบัวที่ขาดน้ำ 6 9 และ 12 ชั่วโมง (ตารางที่ 2) โดยพบว่าดอกบัวที่ขาดน้ำ 3 ชั่วโมงมีอัตราการดูดน้ำและคายน้ำมากกว่าทริทเมนต์อื่น ๆ (ภาพที่ 4) ส่วนดอกบัวที่ไม่ขาดน้ำกลับมีการเปลี่ยนน้ำหนักลดลงเร็วกว่าดอกบัวที่ขาดน้ำ (ภาพที่ 5ก) ขณะที่สมมูลน้ำไม่แตกต่างกันในทุกทริทเมนต์ (ภาพที่ 5ข)

### พันธุ์สัตตบงกช

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ขาดน้ำ 12 ชั่วโมงมีอายุปักแจกันสั้นที่สุด คือ 4.0 วัน ขณะที่ดอกบัวที่ขาดน้ำ 3-9 ชั่วโมงมีอายุปักแจกันไม่แตกต่างจากดอกบัวที่ไม่ขาดน้ำ (ตารางที่ 2) ซึ่งพบว่าดอกบัวที่ขาดน้ำ 12 ชั่วโมงมีการคายน้ำมากกว่าทริทเมนต์อื่น ๆ (ภาพที่ 6ก) ขณะที่การดูดน้ำไม่แตกต่างจากดอกบัวที่ขาดน้ำ 0-9 ชั่วโมง (ภาพที่ 6ข) อาจเป็นสาเหตุให้ดอกบัวที่ขาดน้ำ 12 ชั่วโมงมีอายุปักแจกันสั้นกว่าทริทเมนต์อื่น เนื่องจากดอกบัวมีการดูดน้ำน้อยและไม่เพียงพอต่อการคายน้ำที่เกิดขึ้น แต่กลับพบว่าดอกบัวหลวงที่ไม่ขาดน้ำและขาดน้ำ 3 ชั่วโมงมีการเปลี่ยนน้ำหนักลดลงเร็วกว่าทริทเมนต์อื่น (ภาพที่ 7ก) ขณะที่สมมูลน้ำไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 7ข)

เมื่อพิจารณาการขาดน้ำของดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ พบว่าการขาดน้ำเล็กน้อย จะกระตุ้นให้มีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นในดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ แต่หากดอกบัวมีการขาดน้ำที่นานขึ้นจะทำให้ดอกบัวหลวงดูดน้ำได้ไม่เพียงพอต่อการคายน้ำ แต่อย่างไรก็ตามการขาดน้ำของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ไม่มีผลต่ออายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ ส่วนดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชนั้นหากขาดน้ำนาน 12 ชั่วโมง ทำให้ดอกบัวมีอายุปักแจกันสั้นลง ดังนั้นในดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ทนต่อการขาดน้ำได้นานกว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชประมาณ 3 ชั่วโมง การขาดน้ำอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดอกบัวหลวงมีอายุปักแจกันสั้นหลังการตัดดอก แต่จากรายงานของ Ichimura et al. (2002) พบว่าอายุปักแจกันของดอก Eustoma ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการคายน้ำและความหนาของกลีบดอก

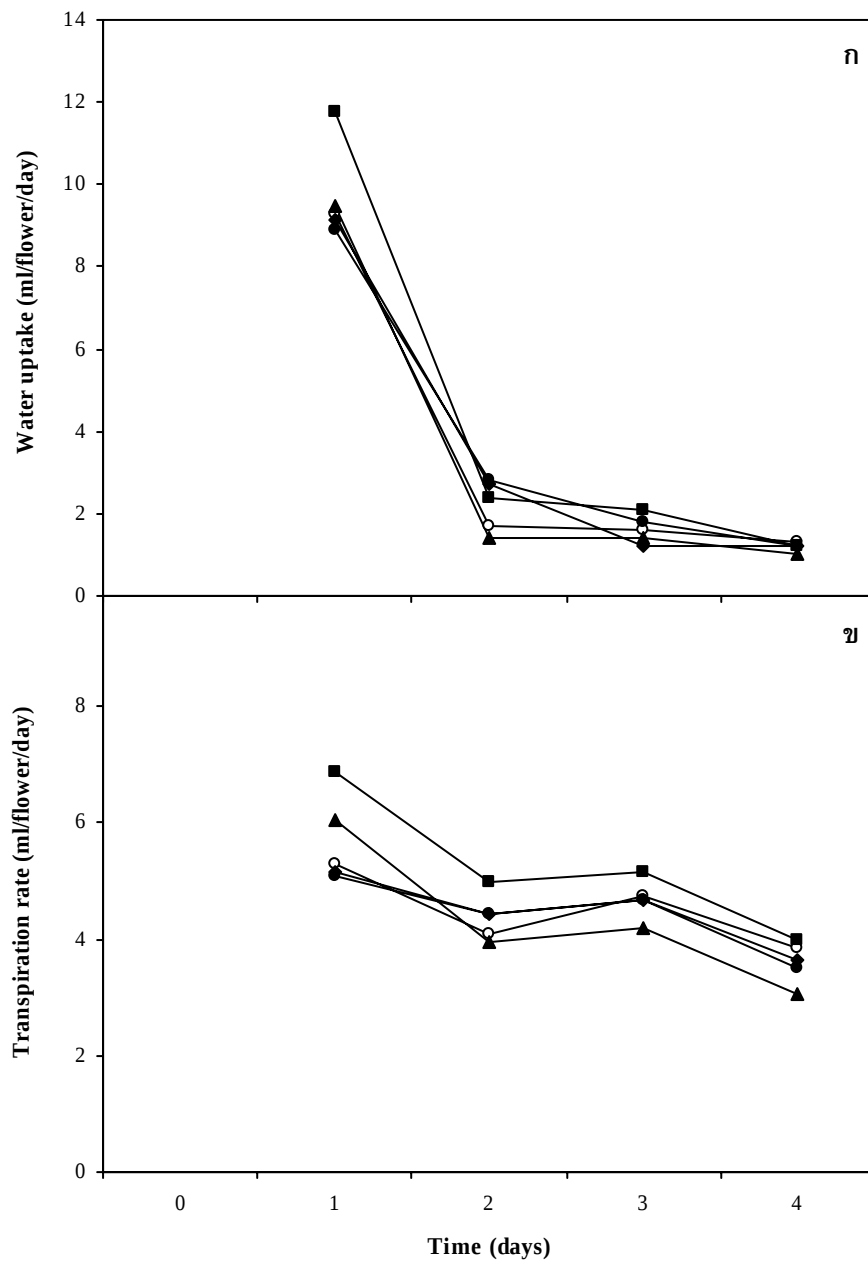
ตารางที่ 2 อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์และสัตตบงกชที่ไม่ขาดน้ำ และขาดน้ำเป็นเวลา 3 6 9 และ 12 ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว

| พันธุ์    | ทรีทเมนต์         | อายุปักแจกัน <sup>1/</sup> (วัน) |
|-----------|-------------------|----------------------------------|
| สัตตบุษย์ | ไม่ขาดน้ำ         | 4.4 ab                           |
|           | ขาดน้ำ 3 ชั่วโมง  | 4.8 a                            |
|           | ขาดน้ำ 6 ชั่วโมง  | 4.0 b                            |
|           | ขาดน้ำ 9 ชั่วโมง  | 4.0 b                            |
|           | ขาดน้ำ 12 ชั่วโมง | 4.0 b                            |
|           | <i>F</i> -test    | **                               |
|           | CV (%)            | 7.5                              |
| สัตตบงกช  | ไม่ขาดน้ำ         | 5.0 a                            |
|           | ขาดน้ำ 3 ชั่วโมง  | 4.4 ab                           |
|           | ขาดน้ำ 6 ชั่วโมง  | 4.6 ab                           |
|           | ขาดน้ำ 9 ชั่วโมง  | 4.4 ab                           |
|           | ขาดน้ำ 12 ชั่วโมง | 4.0 b                            |
|           | <i>F</i> -test    | *                                |
|           | CV (%)            | 9.5                              |

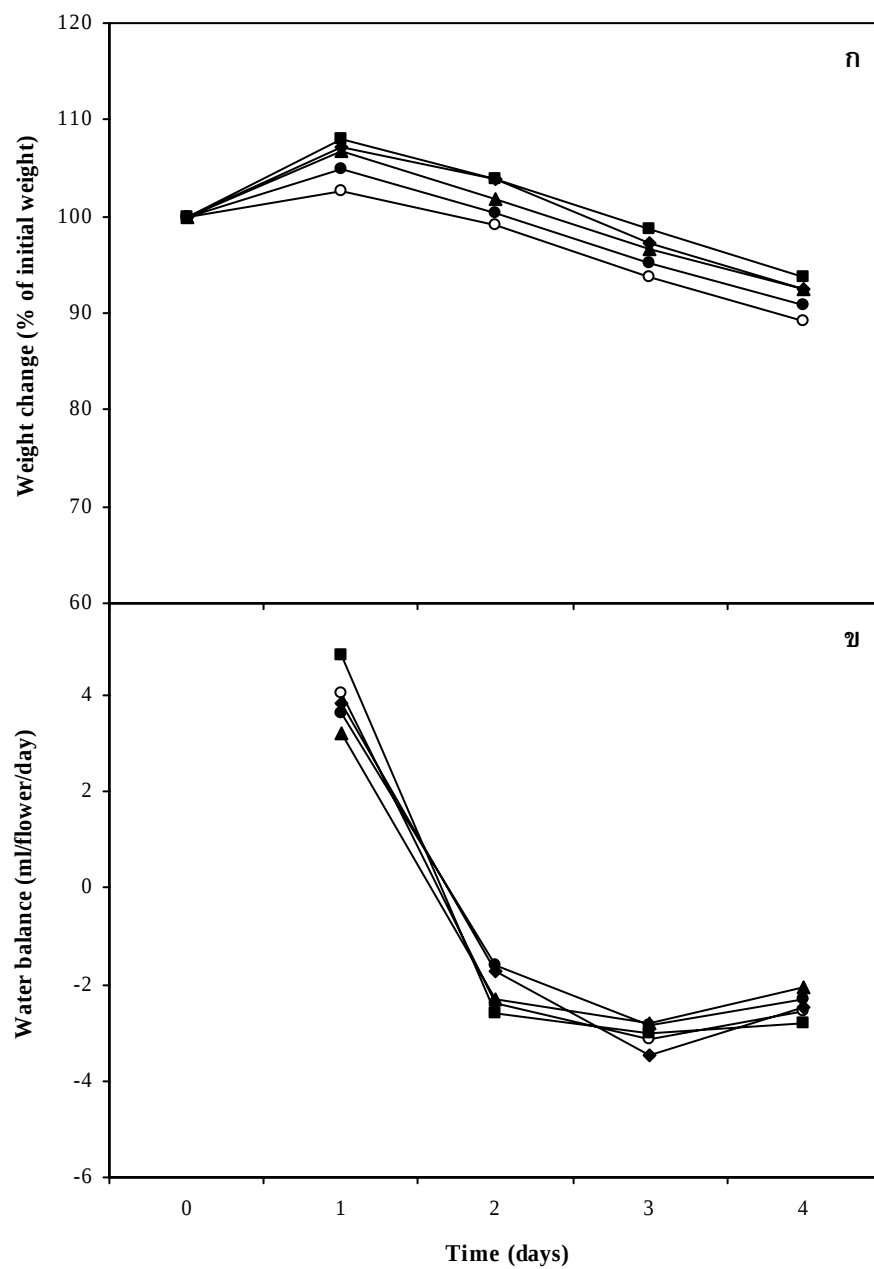
\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

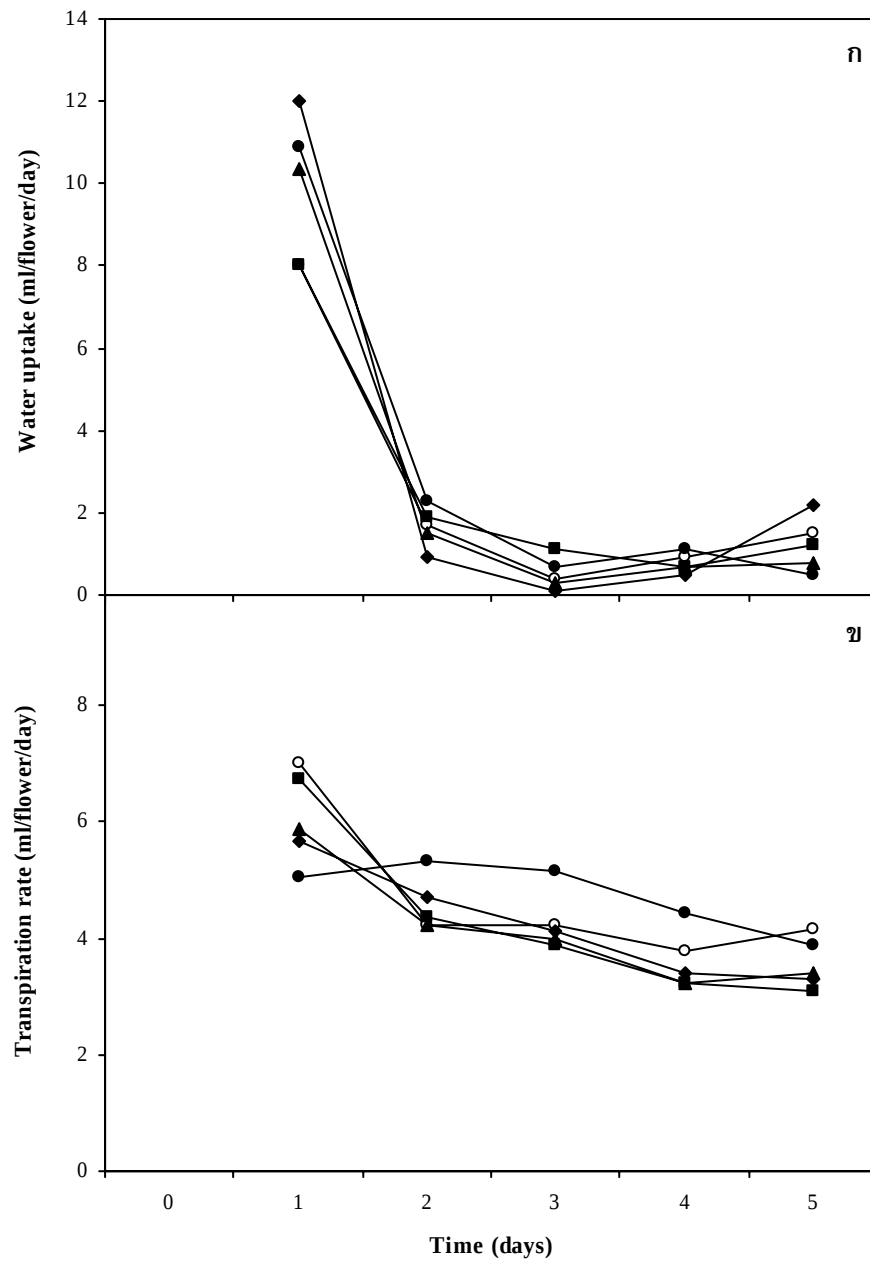
<sup>1/</sup> ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



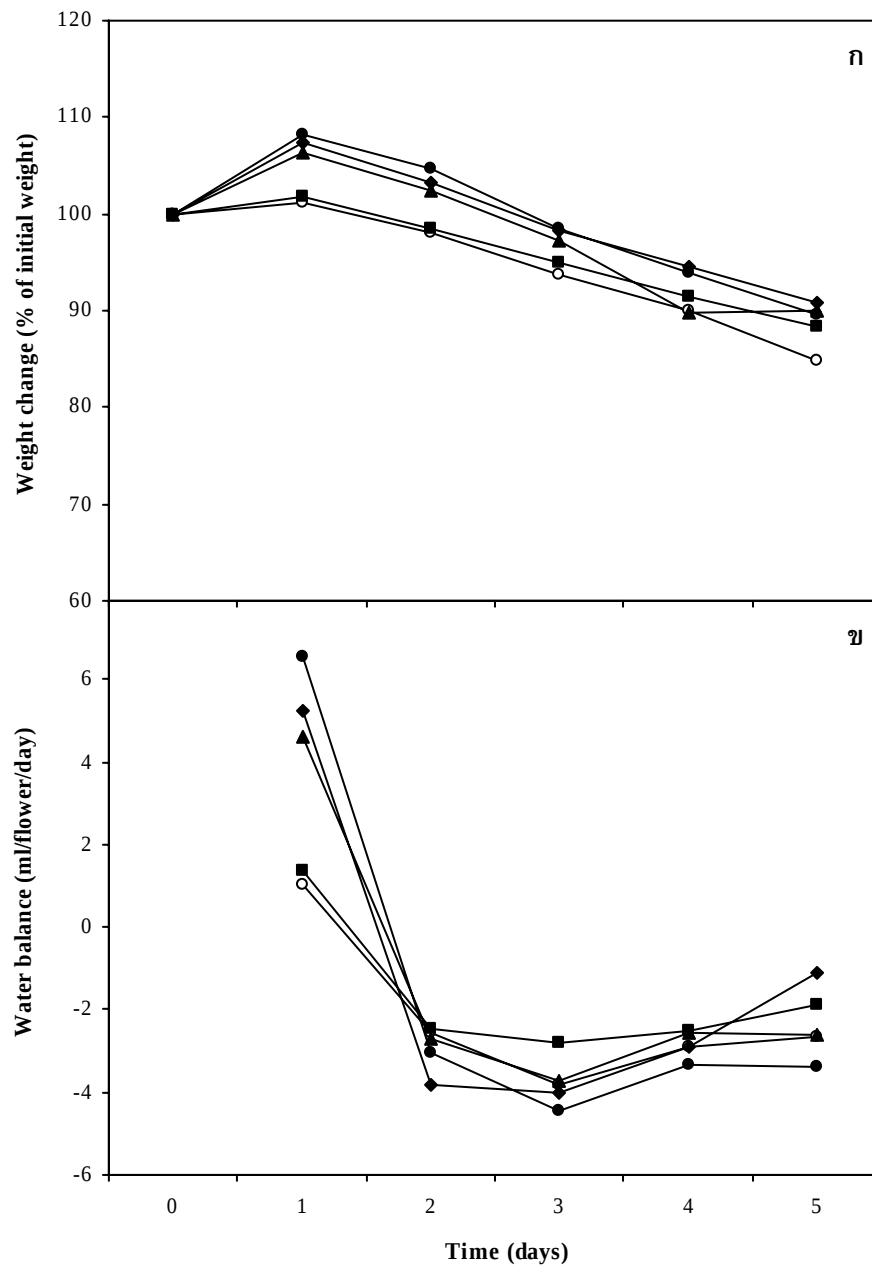
ภาพที่ 4 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่ขาดน้ำ (○) และขาดน้ำเป็นเวลา 3 (■) 6 (▲) 9 (◆) และ 12 (●) ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่ขาดน้ำ (○) และขาดน้ำเป็นเวลา 3 (■) 6 (▲) 9 (◆) และ 12 (●) ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 6 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่ขาดน้ำ (O) และขาดน้ำเป็นเวลา 3 (■) 6 (▲) 9 (◆) และ 12 (●) ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่  
ขาดน้ำ (○) และขาดน้ำเป็นเวลา 3 (■) 6 (▲) 9 (◆) และ 12 (●) ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว

### การทดลองที่ 1.3 ศึกษาการกำจัดน้ำยางบริเวณรอยตัด

#### พันธุ์สัตตบุชย์

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ทั้งที่ไม่กำจัดและกำจัดน้ำยางด้วยกรด citric ความเข้มข้นต่าง ๆ มีอายุปักแจกันไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3) ขณะที่ดอกบัวที่แช่กรด citric ความเข้มข้น 100 150 200 และ 250 mg/L นาน 1 ชั่วโมง ก่อนการปักแจกัน มีอัตราการคายน้ำน้อยกว่าที่ไม่ได้แช่กรด citric จึงทำให้ดอกบัวหลวงทั้งสามทรีทเมนต์นี้มีสมมูลน้ำมากกว่าดอกบัวหลวงที่ไม่ได้กำจัดน้ำยาง (ภาพที่ 8 และ 9)

#### พันธุ์สัตตบงกช

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่กำจัดน้ำยางด้วยกรด citric ทุกความเข้มข้น มีอายุการปักแจกันกว่าดอกบัวหลวงที่ไม่กำจัดน้ำยาง (ตารางที่ 3) แต่กลับพบว่ามีการดูดน้ำ การคายน้ำ สมมูลน้ำ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 10 และ 11)

น้ำยางที่ไหลออกมาบริเวณรอยตัดของก้านดอกบัวอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ท่อลำเลียงน้ำเกิดการอุดตัน ดังนั้นถ้ากำจัดน้ำยางบริเวณรอยตัด น่าจะทำให้ดอกบัวมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้น ในดอก รักเร่ (Dahlia) เมื่อกำจัดน้ำยางที่บริเวณปลายการโดยการแช่ในสารละลายเอทานอล 95% นาน 5 นาที สามารถเพิ่มการดูดน้ำได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การเผาปลายก้านหรือแช่น้ำเดือดนาน 1 นาที และยืดอายุปักแจกันได้ (Abdel-Kader et al., 2004) การกำจัดน้ำยางโดยการแช่ในสารละลายกรด citric สามารถกำจัดน้ำยางบริเวณรอยตัดได้ในดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์และสัตตบงกช แต่ไม่สามารถยืดอายุการปักแจกันดอกบัวหลวงได้ อย่างไรก็ตามพบว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่กำจัดน้ำยางโดยแช่ปลายก้านดอกในสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 100 150 200 และ 250 mg/L มีสมมูลน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีแนวโน้มให้อายุปักแจกันที่นานกว่าไม่แช่กรด ส่วนดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่กำจัดน้ำยางด้วยสารละลายกรด citric ทุกความเข้มข้นมีอายุปักแจกันนานขึ้น แต่มีอัตราการดูดน้ำไม่แตกต่างกัน จึงทำการทดลองซ้ำ (ไม่แสดงข้อมูล) ซึ่งพบว่าดอกบัวหลวงทั้งที่ไม่แช่หรือแช่สารละลายกรด citric มีอายุปักแจกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของเพชรรัตน์ (2550) ที่รายงานว่า การแช่ปลายก้านดอกหลวงในน้ำอุ่นหรือกรด citric ลดการไหลของน้ำยางได้ และยืดอายุปักแจกันได้ แต่ไม่ได้ทำให้ดอกบัวมีอัตราการดูดน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการอุดตันท่อลำเลียงน้ำของดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ไม่ได้เกิดเนื่องจากน้ำยางที่ไหลจากบริเวณรอยแผลหลังการตัดก้านดอกบัว ส่วนดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่แช่สารละลายกรด citric แล้วมีอายุปักแจกันนานขึ้น เพราะกรด citric อาจถูกนำไปใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับกระบวนการหายใจได้ เนื่องจากกรด citric เป็นสารตัวกลางในกระบวนการหายใจของพืช

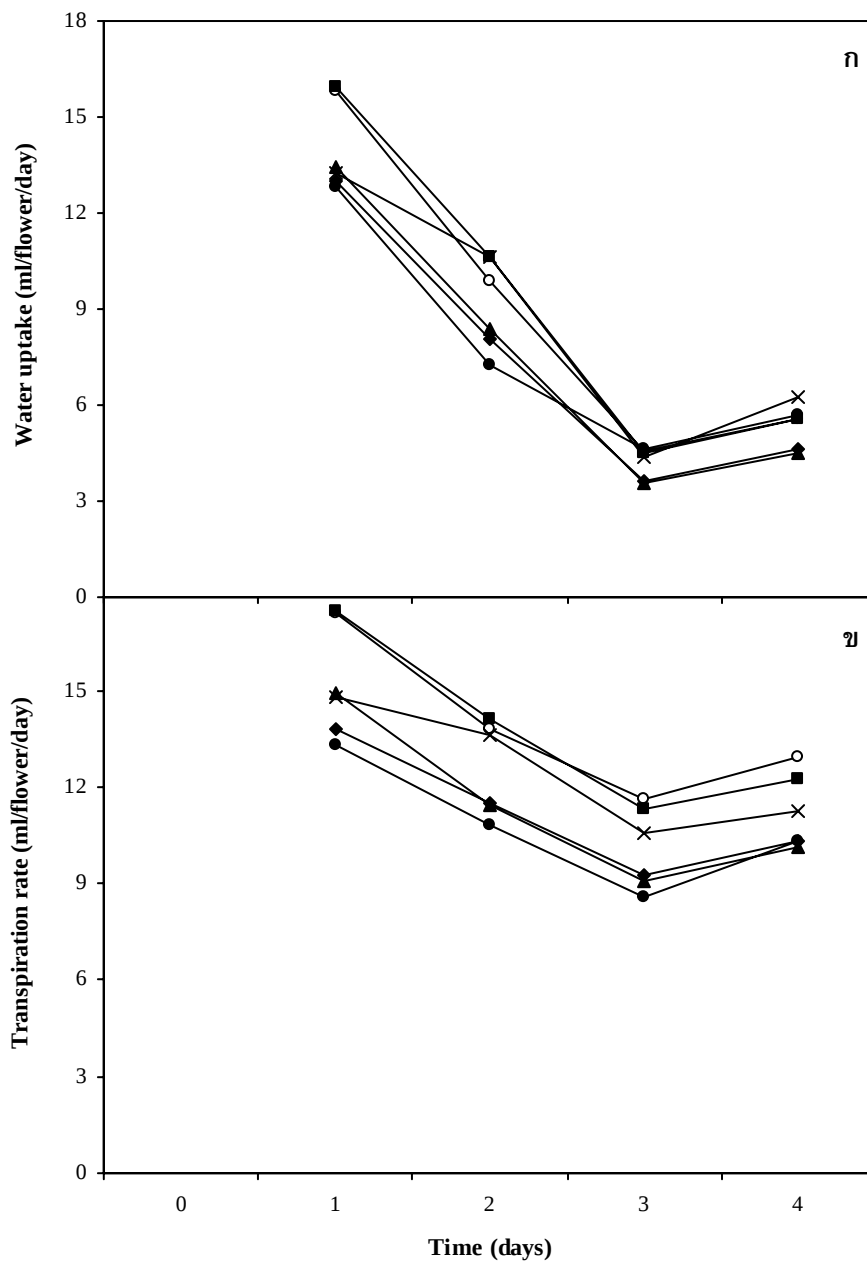
**ตารางที่ 3** อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชไม่กำจัดน้ำยาง หรือกำจัดน้ำยางโดยแฉะสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 100 150 200 และ 250 mg/L เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น

| พันธุ์   | ทรีทเมนต์              | อายุปักแจกัน <sup>1/</sup> (วัน) |
|----------|------------------------|----------------------------------|
| สัตตบงกช | ไม่กำจัดน้ำยาง         | 3.5                              |
|          | แฉะกรด citric 50 mg/L  | 4.0                              |
|          | แฉะกรด citric 100 mg/L | 4.0                              |
|          | แฉะกรด citric 150 mg/L | 3.8                              |
|          | แฉะกรด citric 200 mg/L | 3.8                              |
|          | แฉะกรด citric 250 mg/L | 3.8                              |
|          | <i>F-test</i>          | ns                               |
|          | CV (%)                 | 15.1                             |
| สัตตบงกช | ไม่กำจัดน้ำยาง         | 3.5 b                            |
|          | แฉะกรด citric 50 mg/L  | 3.8 a                            |
|          | แฉะกรด citric 100 mg/L | 4.0 a                            |
|          | แฉะกรด citric 150 mg/L | 4.0 a                            |
|          | แฉะกรด citric 200 mg/L | 4.0 a                            |
|          | แฉะกรด citric 250 mg/L | 4.0 a                            |
|          | <i>F-test</i>          | *                                |
|          | CV (%)                 | 7.1                              |

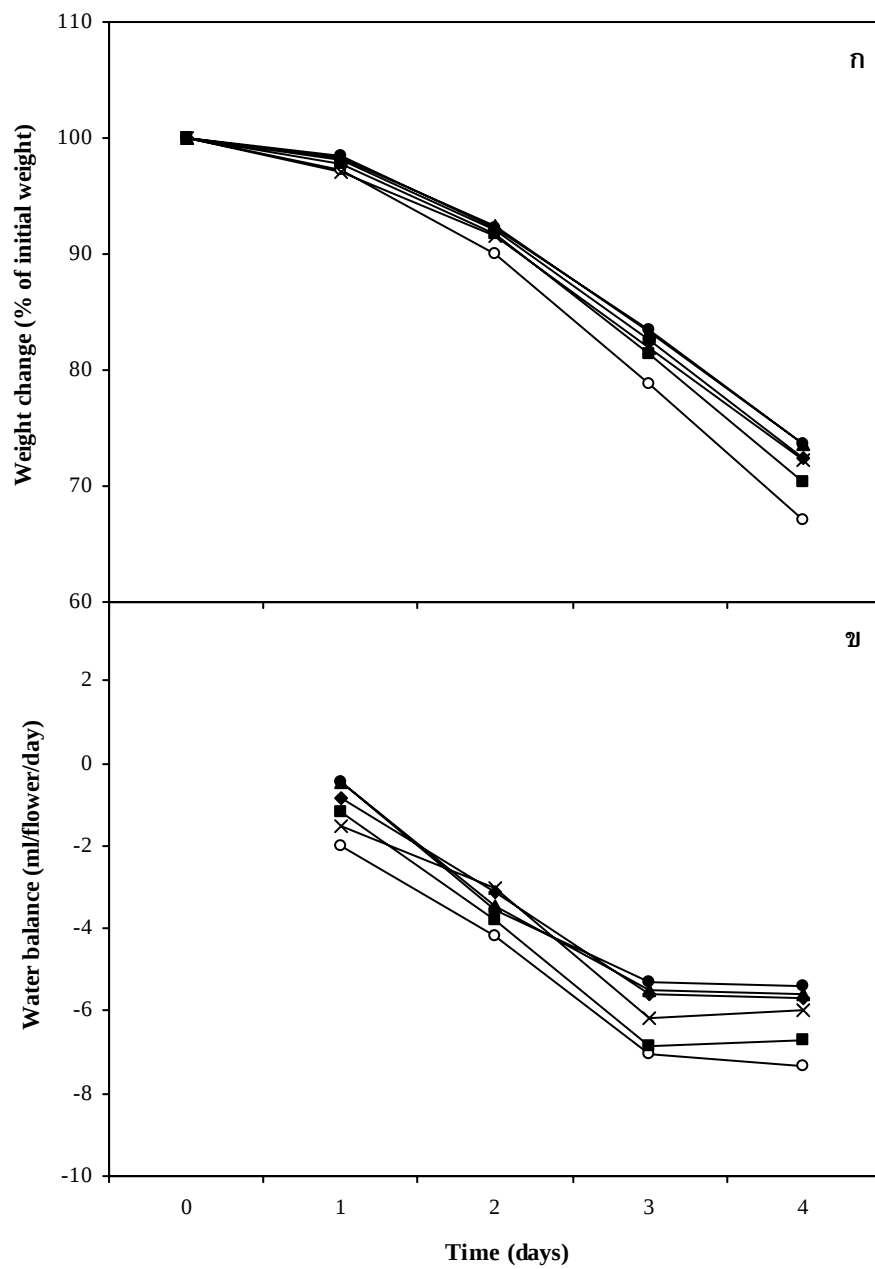
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

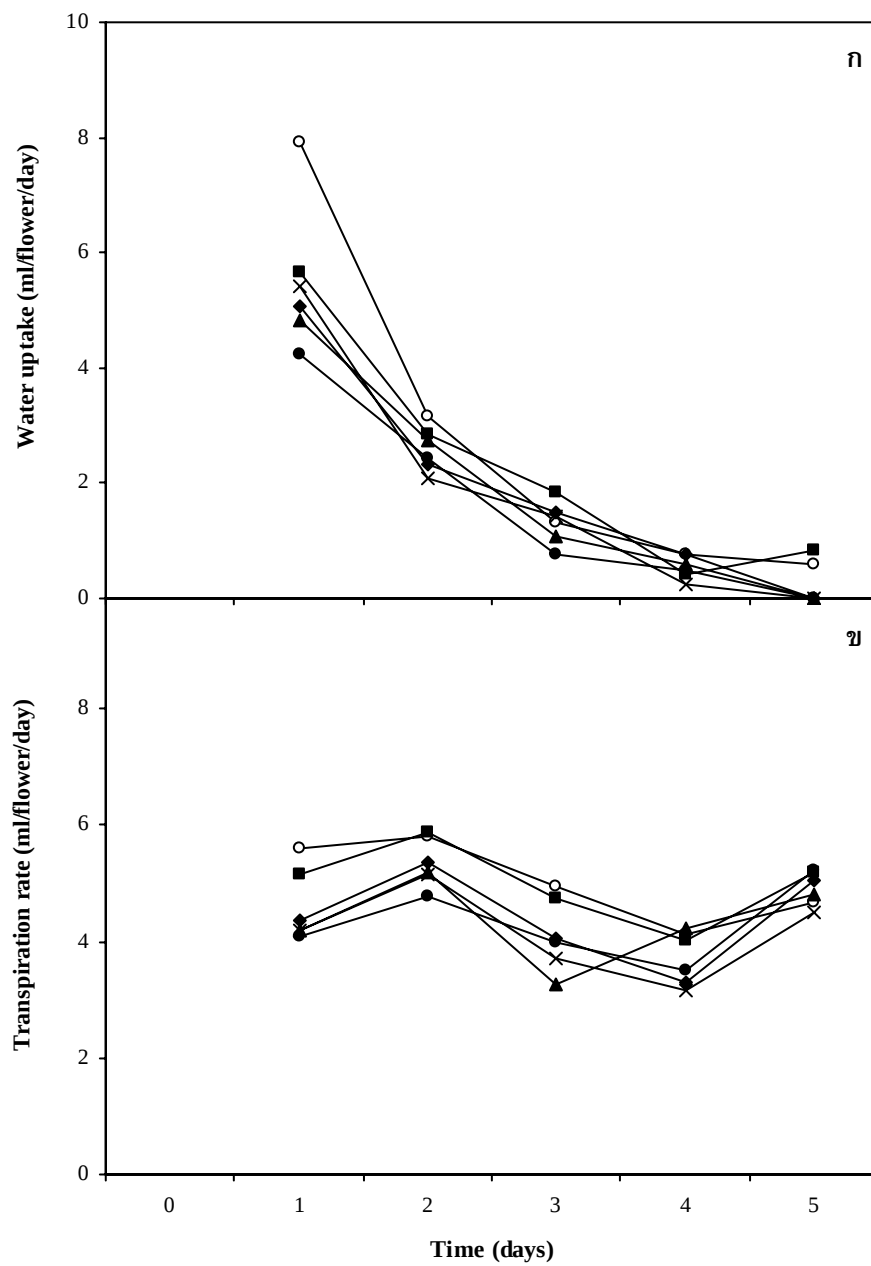
<sup>1/</sup> ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



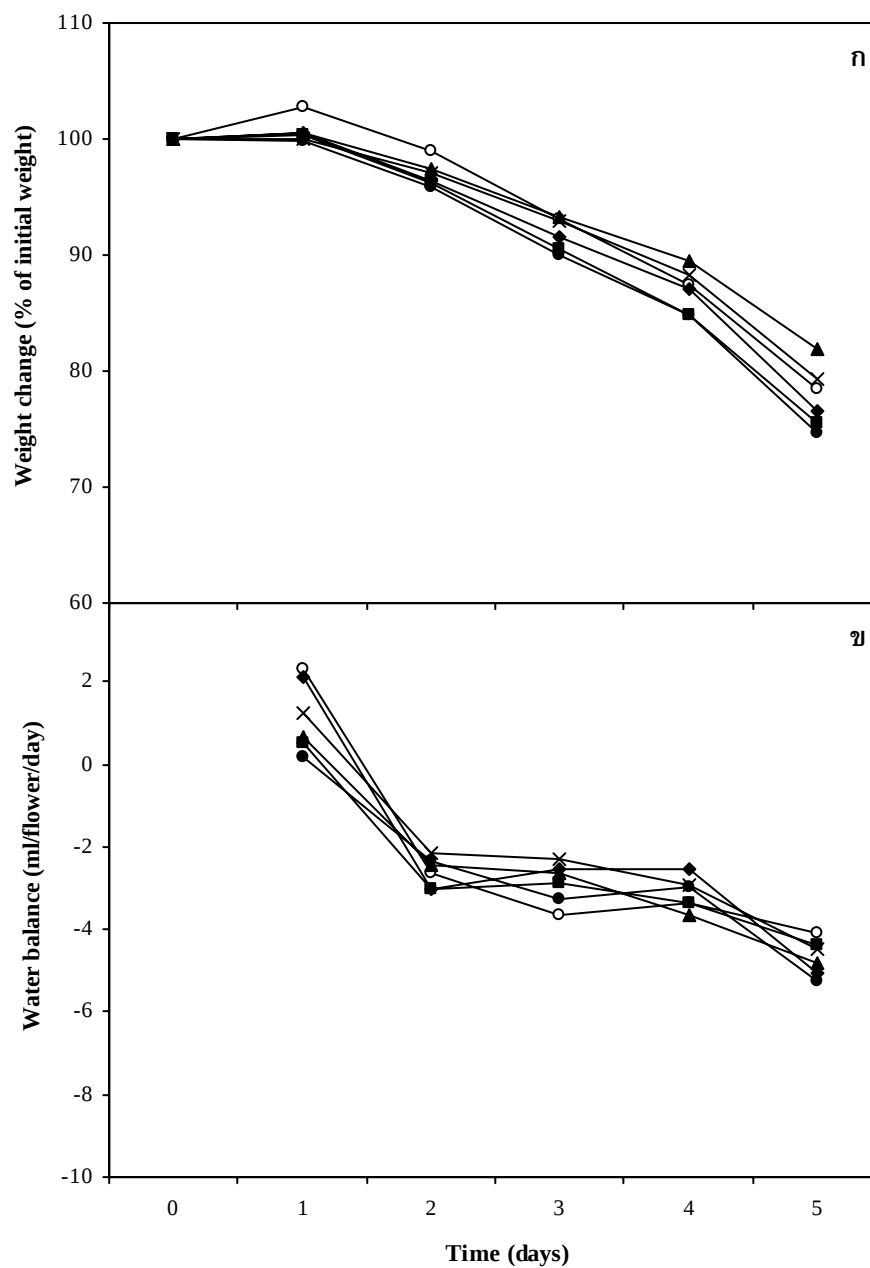
ภาพที่ 8 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูนที่ไม่กำจัดน้ำยาง (○) หรือกำจัดน้ำยางโดยแช่ในสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 (■) 100 (▲) 150 (◆) 200 (●) และ 250 (×) mg/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่  
 กำจัดน้ำยาง (○) หรือกำจัดน้ำยางโดยแช่ในสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 (■) 100 (▲) 150 (◆)  
 200 (●) และ 250 (×) mg/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น



ภาพที่ 10 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่กำจัดน้ำยาง (○) หรือกำจัดน้ำยางโดยแช่ในสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 (■) 100 (▲) 150 (◆) 200 (●) และ 250 (×) mg/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่  
กำจัดน้ำยาง (O) หรือกำจัดน้ำยางโดยแช่ในสารละลายกรด citric ความเข้มข้น 50 (■) 100 (▲) 150 (◆)  
200 (●) และ 250 (X) mg/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น

#### การทดลองที่ 1.4 ศึกษาการลดการคายน้ำของดอกบัวหลวง

##### พันธุ์สัตตบงกช

การลดการคายน้ำของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชด้วยการครอบด้วยถุงพลาสติก polypropylene (PP) ไม่เจาะรู เจาะรูด้วยเข็มฉีดยา 4 และ 8 รู เปรียบเทียบกับดอกบัวที่ไม่ครอบด้วยถุงพลาสติก พบว่าดอกบัวหลวงที่ครอบด้วยถุง PP ไม่เจาะรูเกิดอาการกลีบดำน้อยที่สุดในวันที่ 3 ของการปักแจกัน (ตารางที่ 4) ดอกบัวหลวงที่ไม่ครอบถุงมีการคายน้ำสูงกว่าการรดน้ำมาก จึงทำให้ดอกบัวที่ไม่ครอบถุง PP มีสมมูลน้ำน้อยกว่าทริทเมนต์อื่นในวันที่ 3 และ 4 (ภาพที่ 12 และ 13ข) และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของดอกบัวหลวงที่ไม่ครอบถุงลดลงเร็วกว่าดอกบัวหลวงที่ครอบถุงพลาสติกทั้งที่เจาะรูและไม่เจาะรู (ภาพที่ 13ก) และมีอายุการปักแจกันนานกว่าดอกบัวหลวงที่ไม่ครอบดอกด้วยถุง PP ประมาณครึ่งวัน (ตารางที่ 4)

##### พันธุ์สัตตบงกช

การลดการคายน้ำของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชโดยการครอบด้วยถุงพลาสติก PP ไม่เจาะรู เจาะรูด้วยเข็มฉีดยา 4 และ 8 รู เปรียบเทียบกับดอกบัวที่ไม่ครอบด้วยถุงพลาสติก พบว่าดอกบัวหลวงที่ครอบถุงพลาสติก PP ไม่เจาะรู และเจาะรู เกิดอาการกลีบดำน้อยกว่าและมีอายุการปักแจกันนานกว่าดอกบัวหลวงที่ไม่ครอบถุง (ตารางที่ 4) วันที่ 3 ของการปักแจกัน พบว่าดอกบัวที่ครอบด้วยถุงพลาสติก PP ไม่เจาะรูและเจาะ 8 รู เกิดอาการกลีบดำเพียง 4-5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ครอบด้วยถุงพลาสติก PP มีการคายน้ำน้อยในวันที่ 1 และการคายน้ำเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 และค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง และมีอัตราการคายน้ำน้อยกว่าดอกบัวที่ไม่ครอบถุงพลาสติก จึงทำให้ดอกบัวที่ครอบถุงพลาสติก PP มีสมมูลน้ำมากกว่าดอกบัวที่ไม่ครอบถุงพลาสติกตลอดการปักแจกัน (ภาพที่ 14 และ 15ข) รวมทั้งทำให้ดอกบัวที่ไม่ครอบถุงพลาสติกมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดลดลงเร็วกว่าดอกบัวหลวงที่ครอบถุงพลาสติกทั้งที่เจาะรูและไม่เจาะรู (ภาพที่ 15ก)

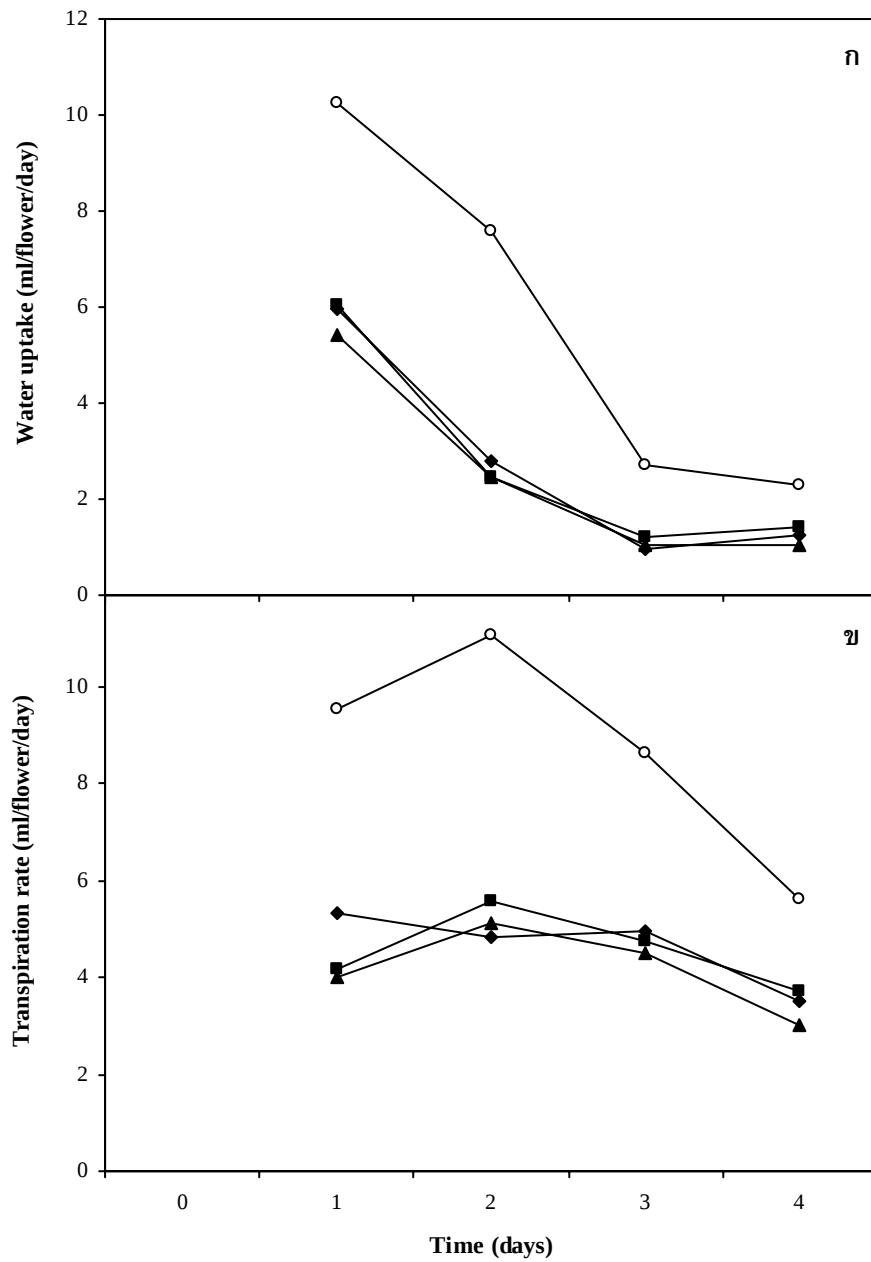
จากการทดลองที่ 1.1 พบว่าดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์มีอัตราการคายน้ำสูงกว่าอัตราการดูดน้ำ รวมทั้งอัตราการดูดน้ำจะลดลงตลอดระยะเวลาการปักแจกัน ขณะที่อัตราการคายน้ำจะค่อนข้างคงที่ จึงทำให้ในวันที่ 2-5 ของการปักแจกันดอกบัวหลวงมีสมมูลน้ำลดลงและมีค่าติดลบ ทำให้ดอกบัวเกิดการขาดน้ำ (ภาพที่ 3ข) และเมื่อลดการคายน้ำของดอกบัวด้วยการครอบถุงพลาสติก พบว่าดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ที่ครอบด้วยถุงพลาสติก PP ทั้งที่ไม่เจาะรูและเจาะรู มีสมมูลน้ำมากกว่าดอกบัวที่ไม่ครอบถุงพลาสติก และยืดอายุการปักแจกันดอกบัวได้ประมาณครึ่งวัน จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการคายน้ำของดอกบัวเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดอกบัวหลวงมีอายุปักแจกันสั้น เช่นเดียวกับดอกหน้าวัวที่ลดการคายน้ำด้วยการเคลือบผิวที่ส่วนของปลีดอกและจานรองดอก หรือปลีดอกเพียงอย่างเดียวลดการคายน้ำ และยืดอายุการใช้งานของดอกหน้าวัวได้ (Mujaffa and Sankat, 2003)

ตารางที่ 4 อาการกลีบดำของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชที่ดอกบัวไม่ครอบถุง ครอบถุงไม่เจาะรู ครอบถุงเจาะ 4 รู และ 8 รู

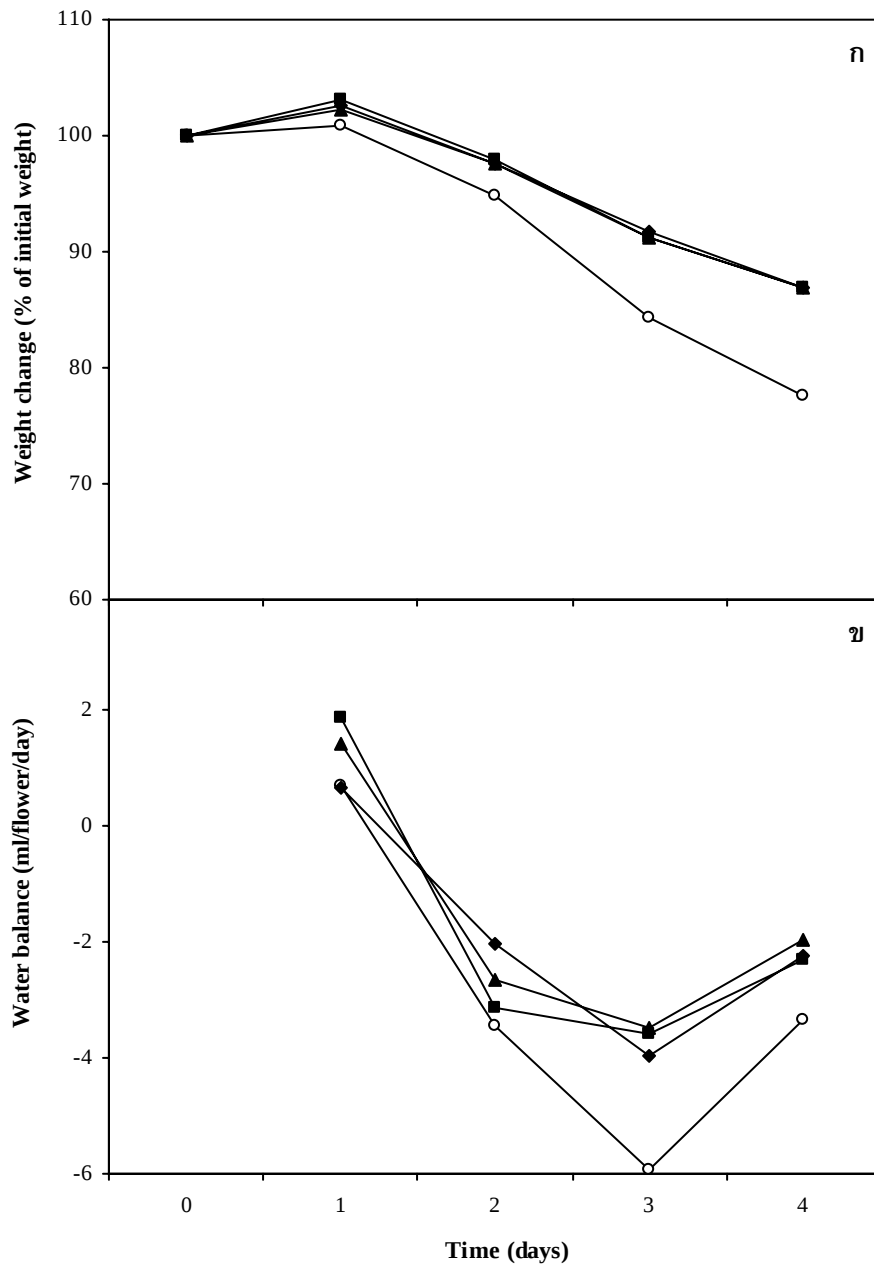
| พันธุ์   | ทรีทเมนต์         | อาการกลีบดำ วันที่ 3<br>(เปอร์เซ็นต์) | อายุปักแจกัน <sup>1/</sup><br>(วัน) |
|----------|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| สัตตบงกช | ไม่ครอบถุง        | 26.09                                 | 3.8 b                               |
|          | ครอบถุง           | 9.22                                  | 4.5 a                               |
|          | ครอบถุง เจาะ 4 รู | 10.82                                 | 4.6 a                               |
|          | ครอบถุง เจาะ 8 รู | 16.22                                 | 4.4 a                               |
|          | <i>F-test</i>     | -                                     | **                                  |
|          | CV (%)            | -                                     | 11.6                                |
| สัตตบงกช | ไม่ครอบถุง        | 18.86                                 | 4.4 b                               |
|          | ครอบถุง           | 4.71                                  | 5.0 a                               |
|          | ครอบถุง เจาะ 4 รู | 7.29                                  | 5.0 a                               |
|          | ครอบถุง เจาะ 8 รู | 4.00                                  | 5.1 a                               |
|          | <i>F-test</i>     | -                                     | **                                  |
|          | CV (%)            | -                                     | 5.5                                 |

\*\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

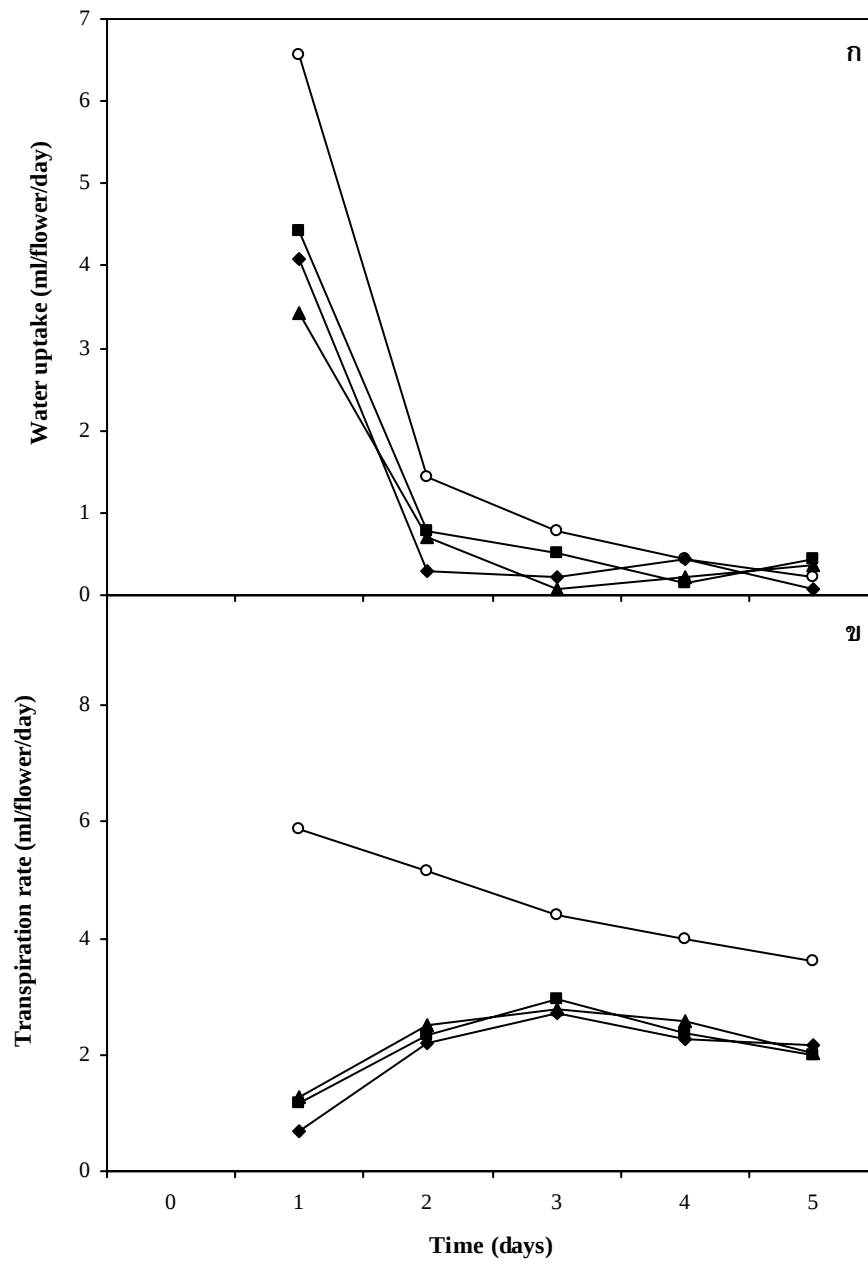
<sup>1/</sup> ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



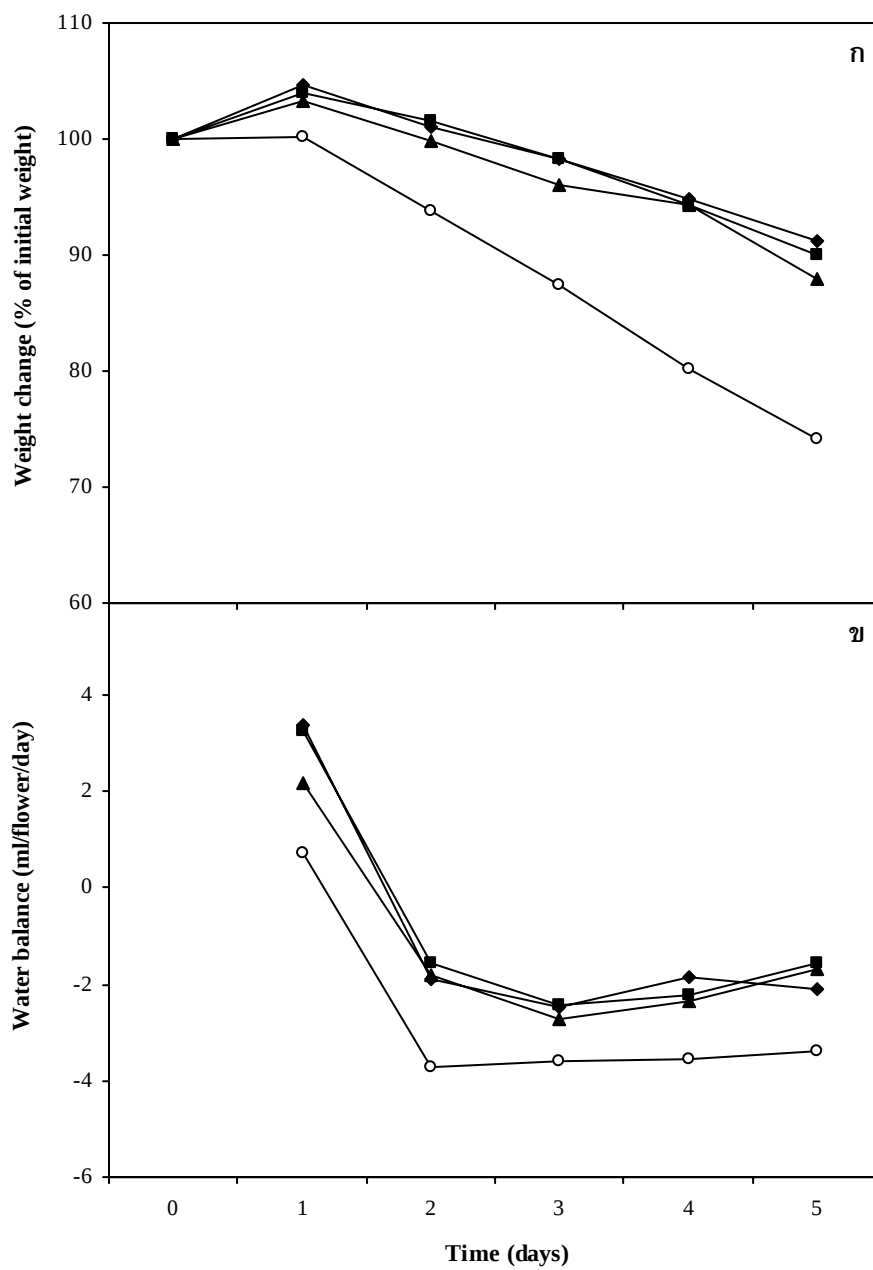
ภาพที่ 12 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่ดอกบัวไม่ครอบง  
(○) ครอบงไม่เจาะรู (■) ครอบงเจาะ 4 รู (▲) และ 8 รู (◆)



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่  
ดอกบัวไม่ครอบถุง (○) ครอบถุงไม่เจาะรู (■) ครอบถุงเจาะ 4 รู (▲) และ 8 รู (◆)



ภาพที่ 14 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ดอกบัวไม่ครอบถุง (○) ครอบถุงไม่เจาะรู (■) ครอบถุงเจาะ 4 รู (▲) และ 8 รู (◆)



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่  
ดอกบัวไม่ครอบงู (○) ครอบงูไม่เจาะรู (■) ครอบงูเจาะ 4 รู (▲) และ 8 รู (◆)

## การทดลองที่ 1.5 ศึกษาผลของสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ต่ออายุการปักแจกันดอกบัวหลวง

**การทดลองย่อย 1.5.1** ผลของสารละลาย 8-hydroxyquinoline sulfate (8-HQS) ต่ออายุการปักแจกันดอกบัวหลวง

### พันธุ์สัตตบุษย์

ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย 8-HQS ทุกความเข้มข้นมีการดูน้ำ การคายน้ำ สมดุลน้ำ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 16 และ 17) รวมทั้งมีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5)

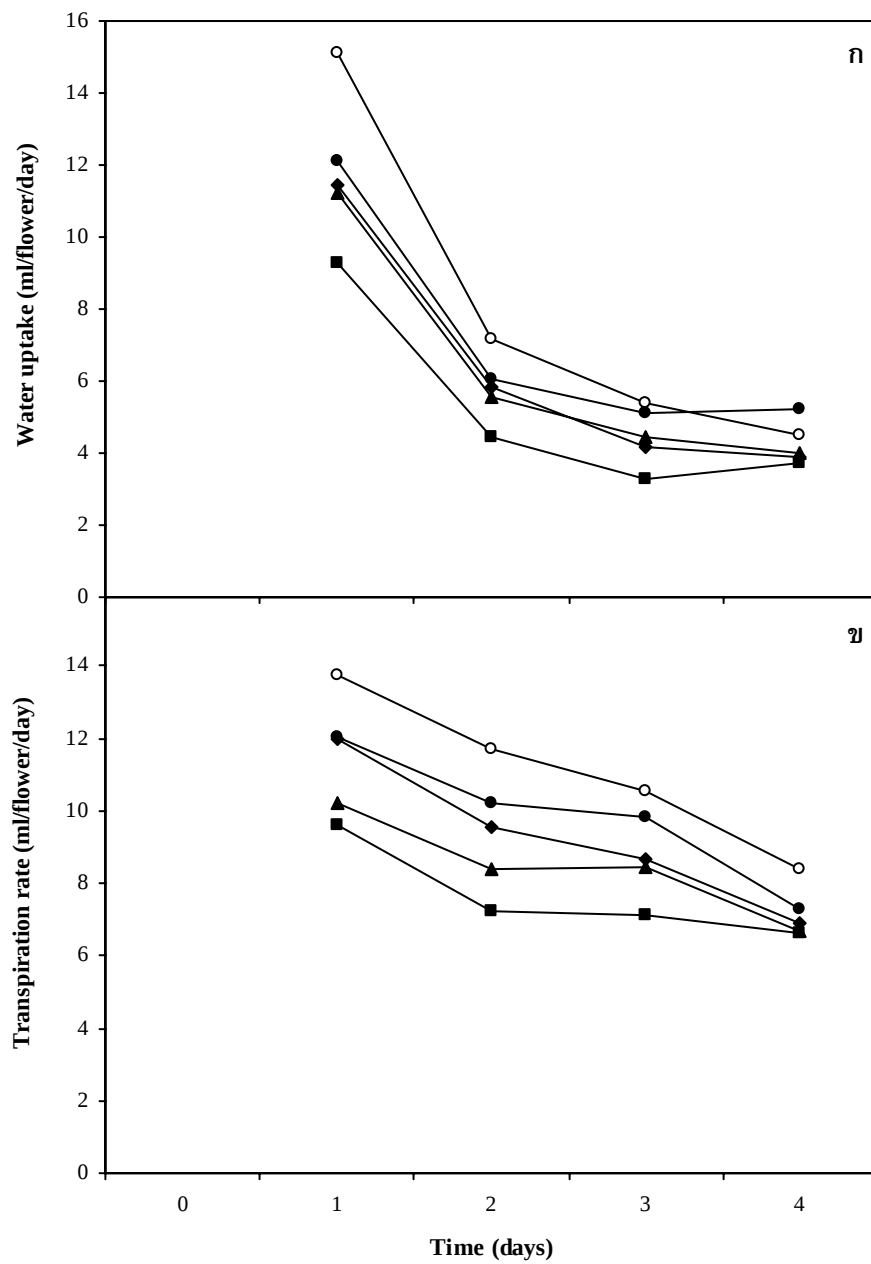
### พันธุ์สัตตบงกช

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชทั้งที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย HQS ทุกความเข้มข้นมีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับการดูน้ำ การคายน้ำ สมดุลน้ำ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดที่ไม่แตกต่างกันตลอดการปักแจกัน (ภาพที่ 18 และ 19)

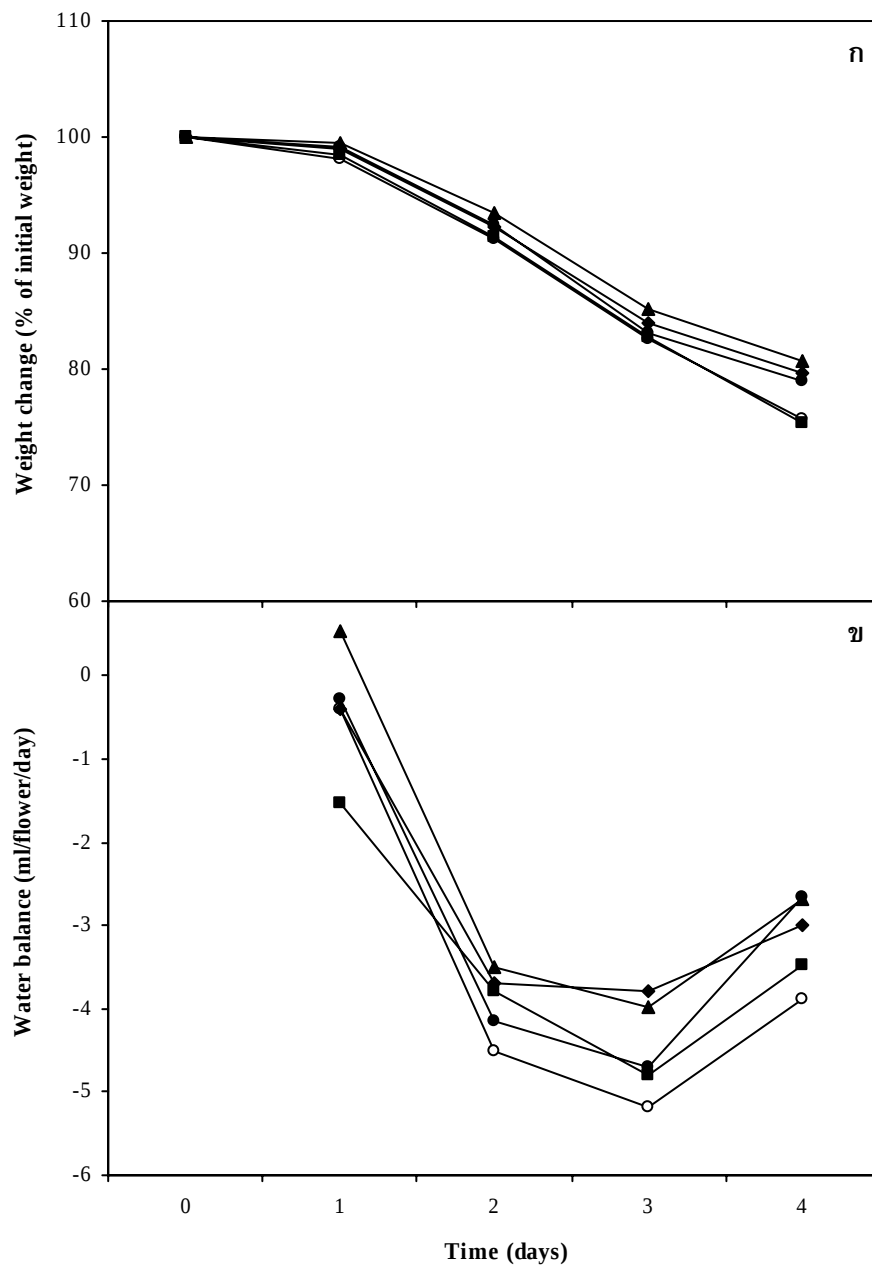
**ตารางที่ 5** อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 200 300 และ 400 mg/L

| พันธุ์    | วิธีทเมนต์              | อายุปักแจกัน (วัน) |
|-----------|-------------------------|--------------------|
| สัตตบุษย์ | น้ำกลั่น                | 3.0                |
|           | สารละลาย 8-HQS 100 mg/L | 3.0                |
|           | สารละลาย 8-HQS 200 mg/L | 3.4                |
|           | สารละลาย 8-HQS 300 mg/L | 3.6                |
|           | สารละลาย 8-HQS 400 mg/L | 3.2                |
|           | <i>F</i> -test          | ns                 |
|           | CV (%)                  | 12.4               |
| สัตตบงกช  | น้ำกลั่น                | 4.0                |
|           | สารละลาย 8-HQS 100 mg/L | 4.2                |
|           | สารละลาย 8-HQS 200 mg/L | 4.3                |
|           | สารละลาย 8-HQS 300 mg/L | 4.5                |
|           | สารละลาย 8-HQS 400 mg/L | 4.2                |
|           | <i>F</i> -test          | ns                 |
|           | CV (%)                  | 10.0               |

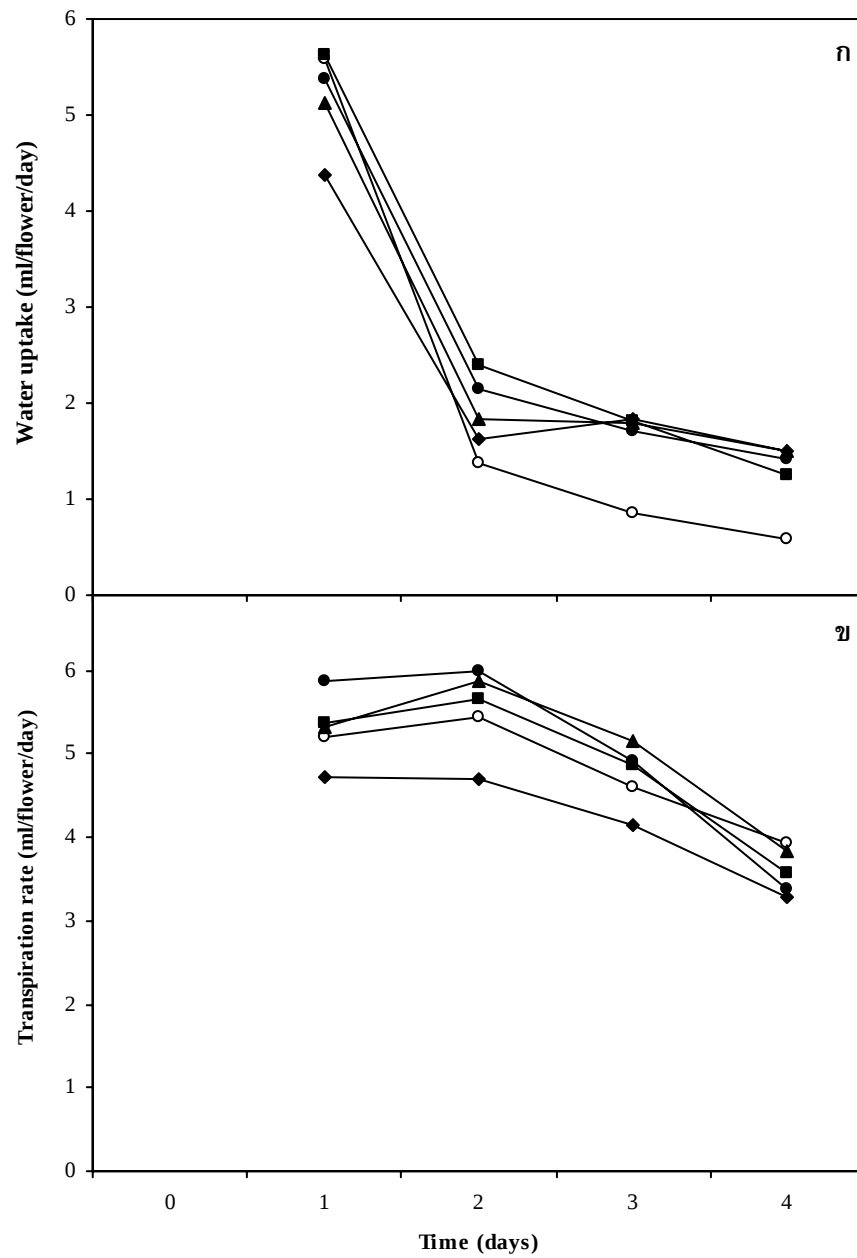
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



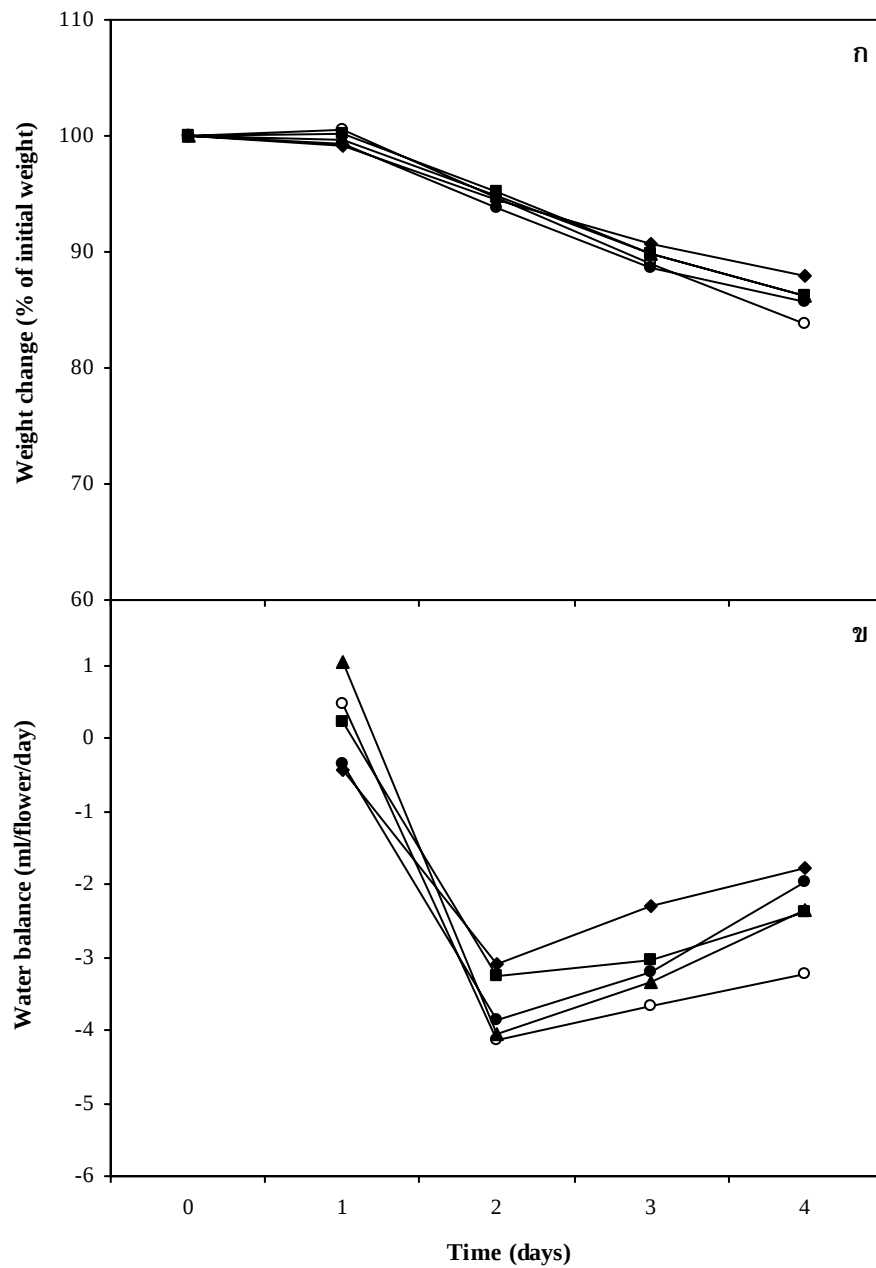
ภาพที่ 16 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 (■) 200 (▲) 300 (◆) และ 400 (●) mg/L



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูนที่ปักแจกัน  
ในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 (■) 200 (▲) 300 (◆) และ 400 (●) mg/L



ภาพที่ 18 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันใ้น้ำกลั่น (○) และสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 (■) 200 (▲) 300 (◆) และ 400 (●) mg/L



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปัก-  
แจกันในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย 8-HQS ความเข้มข้น 100 (■) 200 (▲) 300 (◆) และ 400 (●) mg/L

**การทดลองย่อย 1.5.2** ผลของสารละลาย sodium dichloroisocyanurate (DICA) ต่ออายุการปักแจกันดอกบัวหลวง

#### พันธุ์สัตตบุษย์

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย DICA ทุกความเข้มข้น มีการดูน้ำ การคายน้ำ สมดุลน้ำ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ภาพที่ 20 และ 21) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ รวมทั้งมีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างกัน (3.2-3.8 วัน) (ตารางที่ 6)

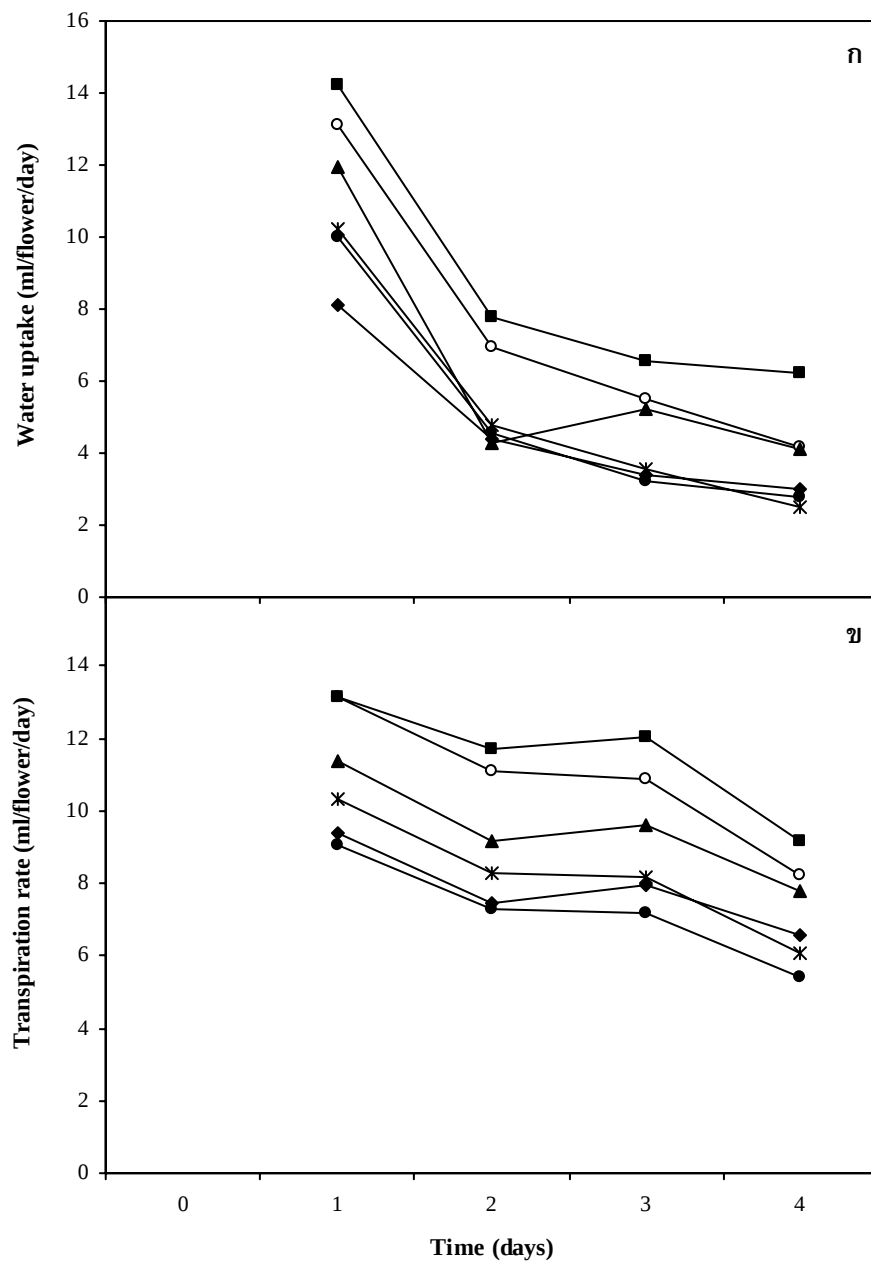
#### พันธุ์สัตตบงกช

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย DICA ทุกความเข้มข้น มีอัตราการดูน้ำ การคายน้ำ (ภาพที่ 22) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด และสมดุลน้ำ (ภาพที่ 23) ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกับดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ รวมทั้งมีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างกัน (3.5-4.0 วัน) (ตารางที่ 6)

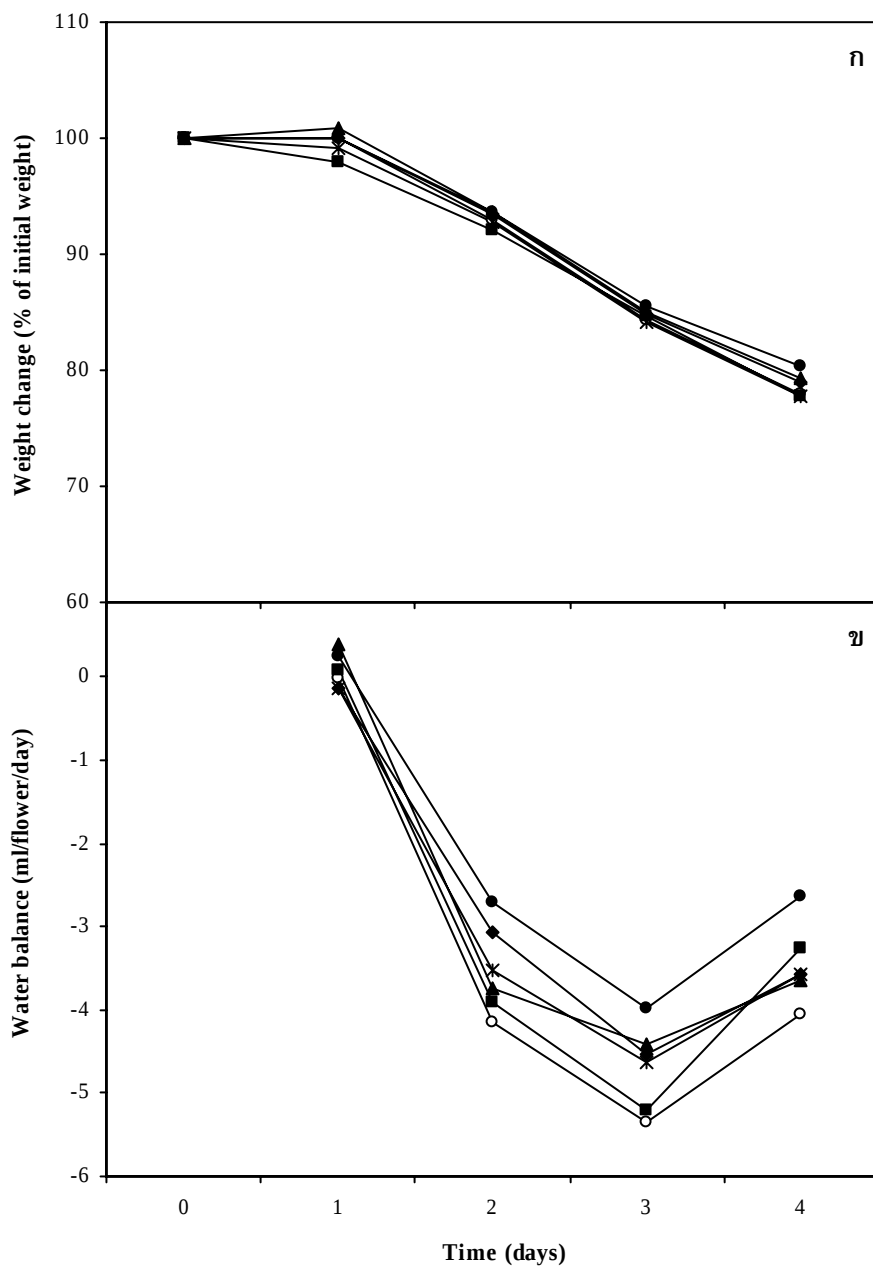
**ตารางที่ 6** อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์และสัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 mg/L

| พันธุ์    | ทรีทเมนต์             | อายุปักแจกัน (วัน) |
|-----------|-----------------------|--------------------|
| สัตตบุษย์ | น้ำกลั่น              | 3.8                |
|           | สารละลาย DICA 10 mg/L | 3.2                |
|           | สารละลาย DICA 20 mg/L | 3.4                |
|           | สารละลาย DICA 30 mg/L | 3.4                |
|           | สารละลาย DICA 40 mg/L | 3.4                |
|           | สารละลาย DICA 50 mg/L | 3.4                |
|           | <i>F</i> -test        | ns                 |
|           | CV (%)                | 15.0               |
| สัตตบงกช  | น้ำกลั่น              | 3.7                |
|           | สารละลาย DICA 10 mg/L | 3.8                |
|           | สารละลาย DICA 20 mg/L | 4.0                |
|           | สารละลาย DICA 30 mg/L | 3.5                |
|           | สารละลาย DICA 40 mg/L | 4.0                |
|           | สารละลาย DICA 50 mg/L | 3.8                |
|           | <i>F</i> -test        | ns                 |
|           | CV (%)                | 10.2               |

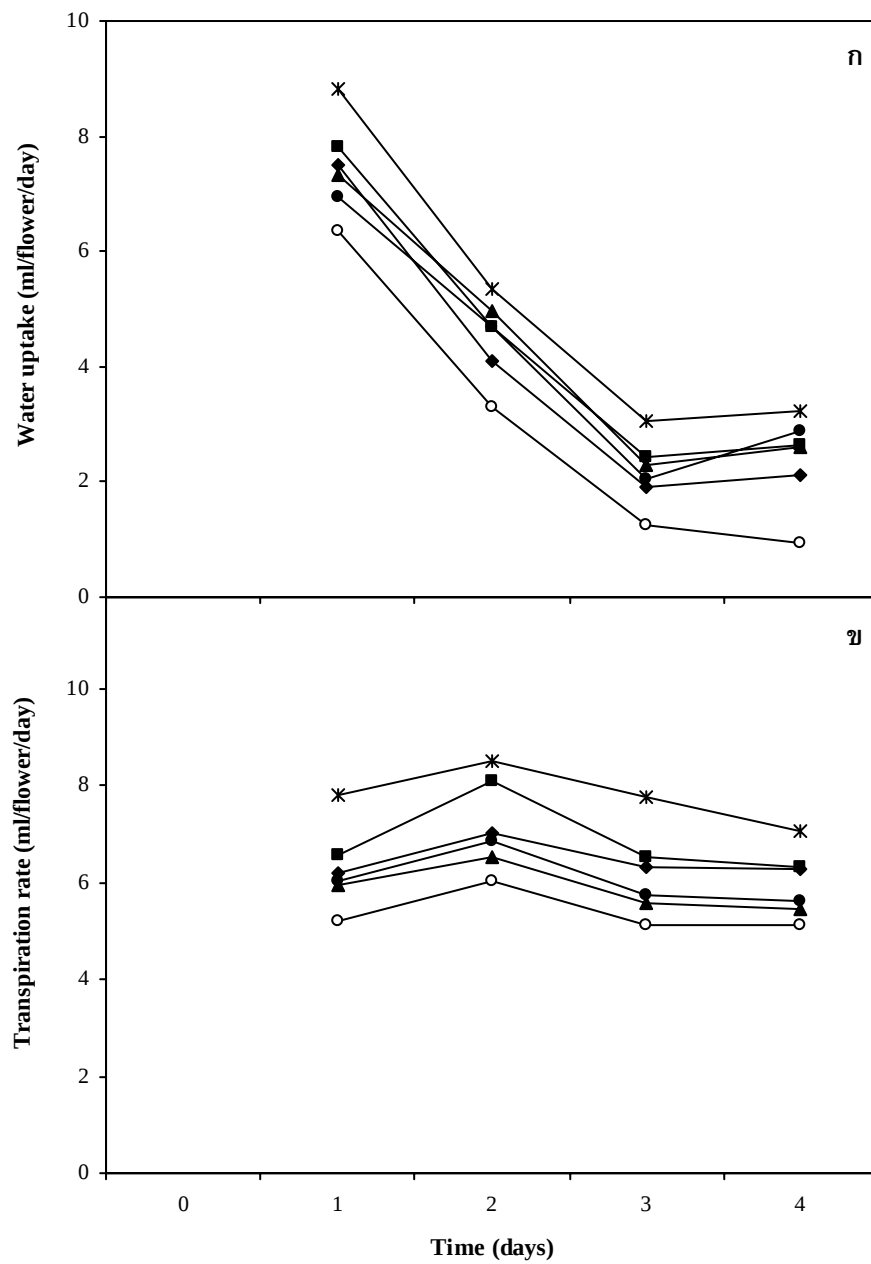
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



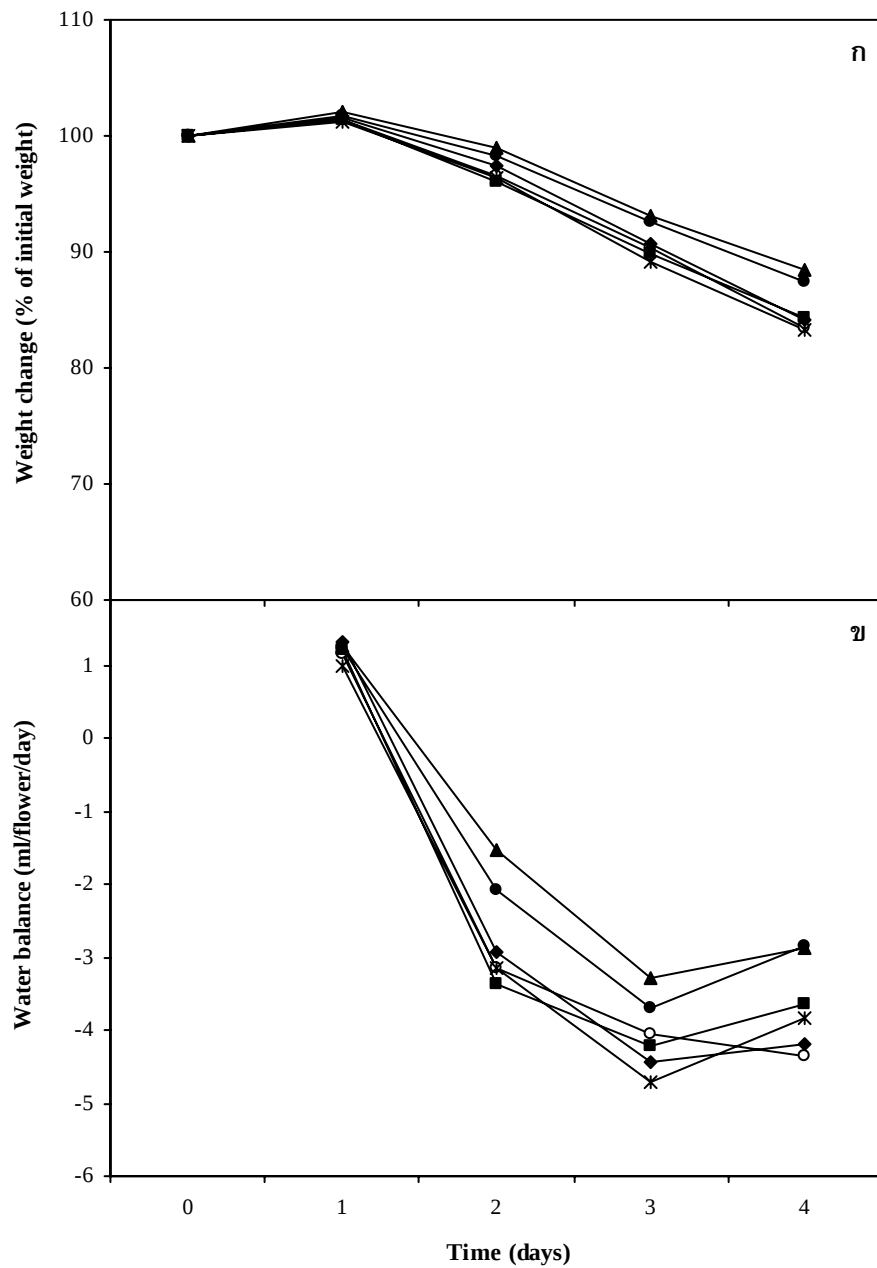
ภาพที่ 20 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูนที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 (■) 20 (▲) 30 (◆) 40 (●) และ 50 (\*) mg/L



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันใส่น้ำกลั่น (○) และสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 (■) 20 (▲) 30 (◆) 40 (●) และ 50 (\*) mg/L



ภาพที่ 22 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 (■) 20 (▲) 30 (◆) 40 (●) และ 50 (\*) mg/L



ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย DICA ความเข้มข้น 10 (■) 20 (▲) 30 (◆) 40 (●) และ 50 (\*) mg/L

**การทดลองย่อย 1.5.3** ผลของสารละลาย silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) ต่ออายุการปักแจกัน  
ดอกบัวหลวง

พันธุ์สัตตบุษย์

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ที่ปักแจกันใต้น้ำกลั่น และสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ทุกความเข้มข้นมีการดูน้ำ การคายน้ำ สมดุลน้ำ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ภาพที่ 24 และ 25) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ รวมทั้งมีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 7)

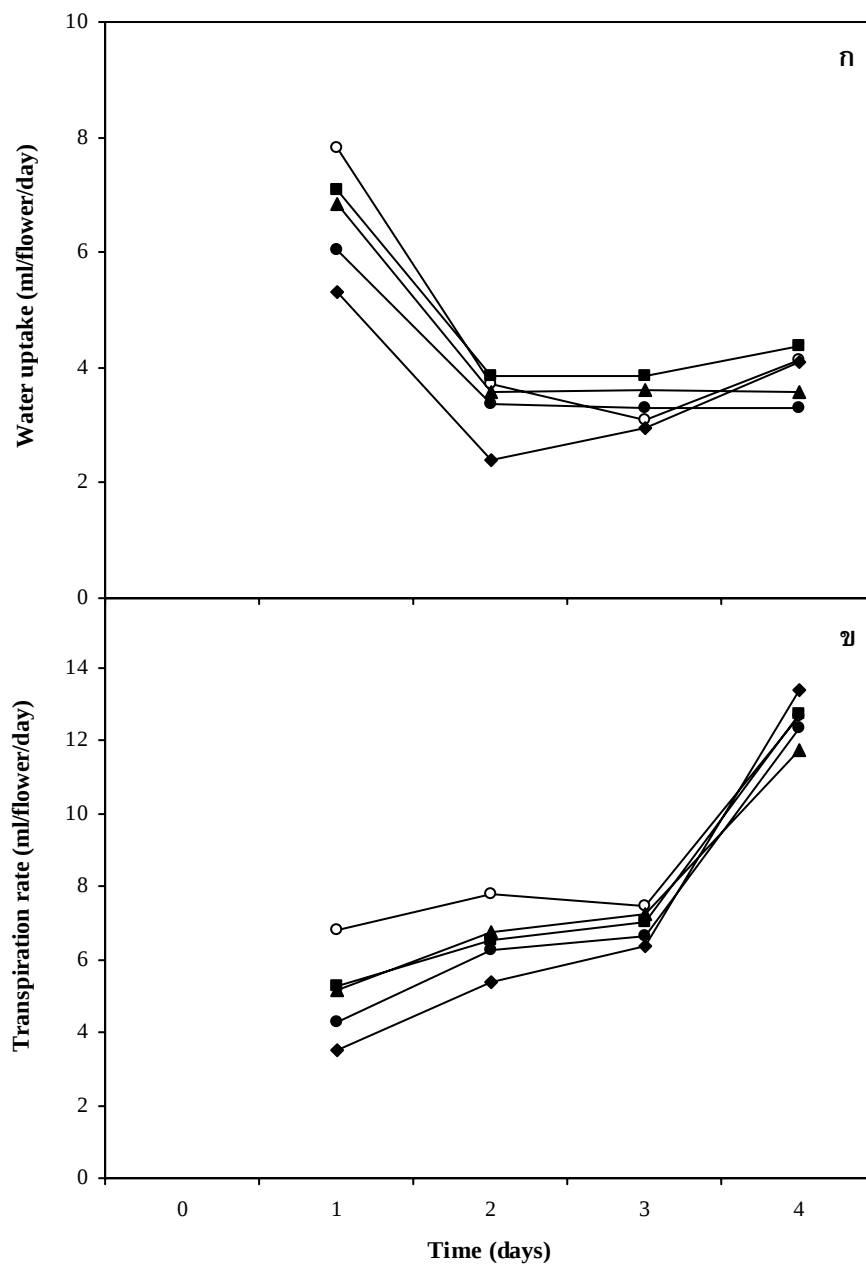
พันธุ์สัตตบงกช

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชทั้งที่ปักแจกันใต้น้ำกลั่น และสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ทุกความเข้มข้นมีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7) สอดคล้องกับการดูน้ำ การคายน้ำ สมดุลน้ำ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด ที่ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 26 และ 27)

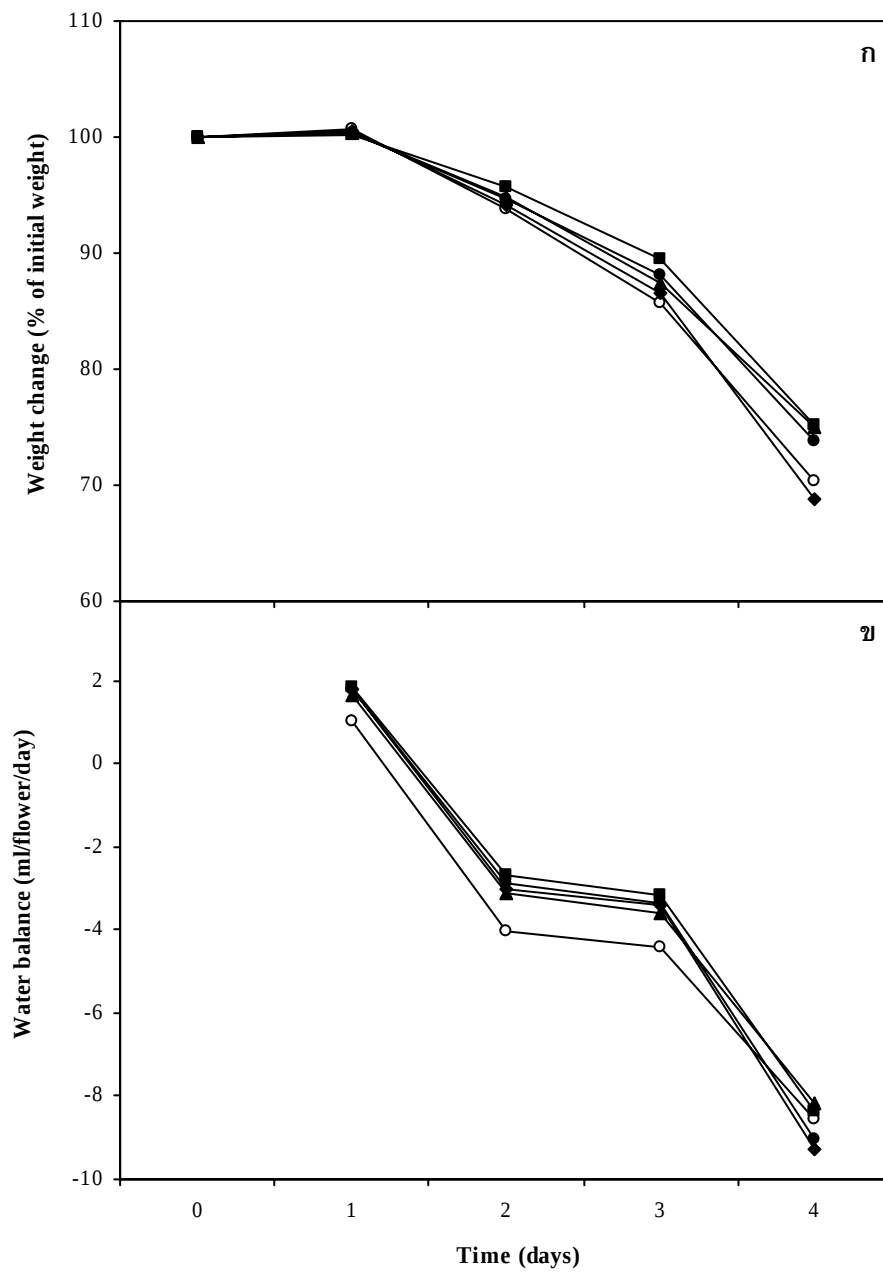
**ตารางที่ 7** อายุปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์และสัตตบงกชที่ปักแจกันใต้น้ำกลั่น และสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ความเข้มข้น 25 50 75 และ 100 mg/L

| พันธุ์    | ทรีทเมนต์                          | อายุปักแจกัน (วัน) |
|-----------|------------------------------------|--------------------|
| สัตตบุษย์ | น้ำกลั่น                           | 3.4                |
|           | สารละลาย $\text{AgNO}_3$ 25 mg/L   | 3.8                |
|           | สารละลาย $\text{AgNO}_3$ 50 mg/L   | 3.4                |
|           | สารละลาย $\text{AgNO}_3$ 75 mg/L   | 3.0                |
|           | สารละลาย $\text{AgNO}_3$ 100 mg/L  | 3.6                |
|           | F-test                             | ns                 |
|           | CV (%)                             | 10.56              |
| สัตตบงกช  | น้ำกลั่น                           | 3.8                |
|           | สารละลาย $\text{AgNO}_3$ 2.5 mg/L  | 3.8                |
|           | สารละลาย $\text{AgNO}_3$ 5.0 mg/L  | 4.0                |
|           | สารละลาย $\text{AgNO}_3$ 7.5 mg/L  | 3.8                |
|           | สารละลาย $\text{AgNO}_3$ 10.0 mg/L | 4.0                |
|           | F-test                             | ns                 |
|           | CV (%)                             | 8.11               |

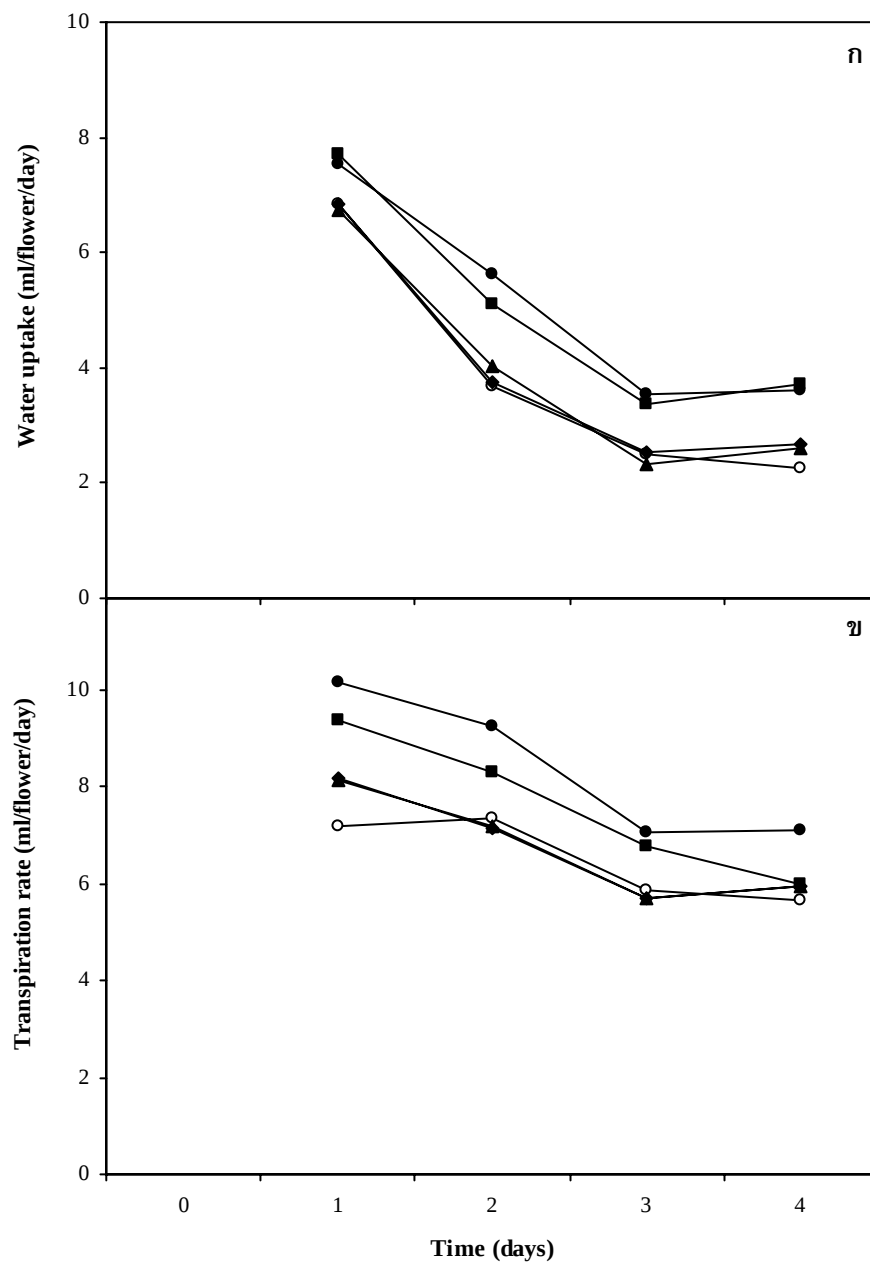
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



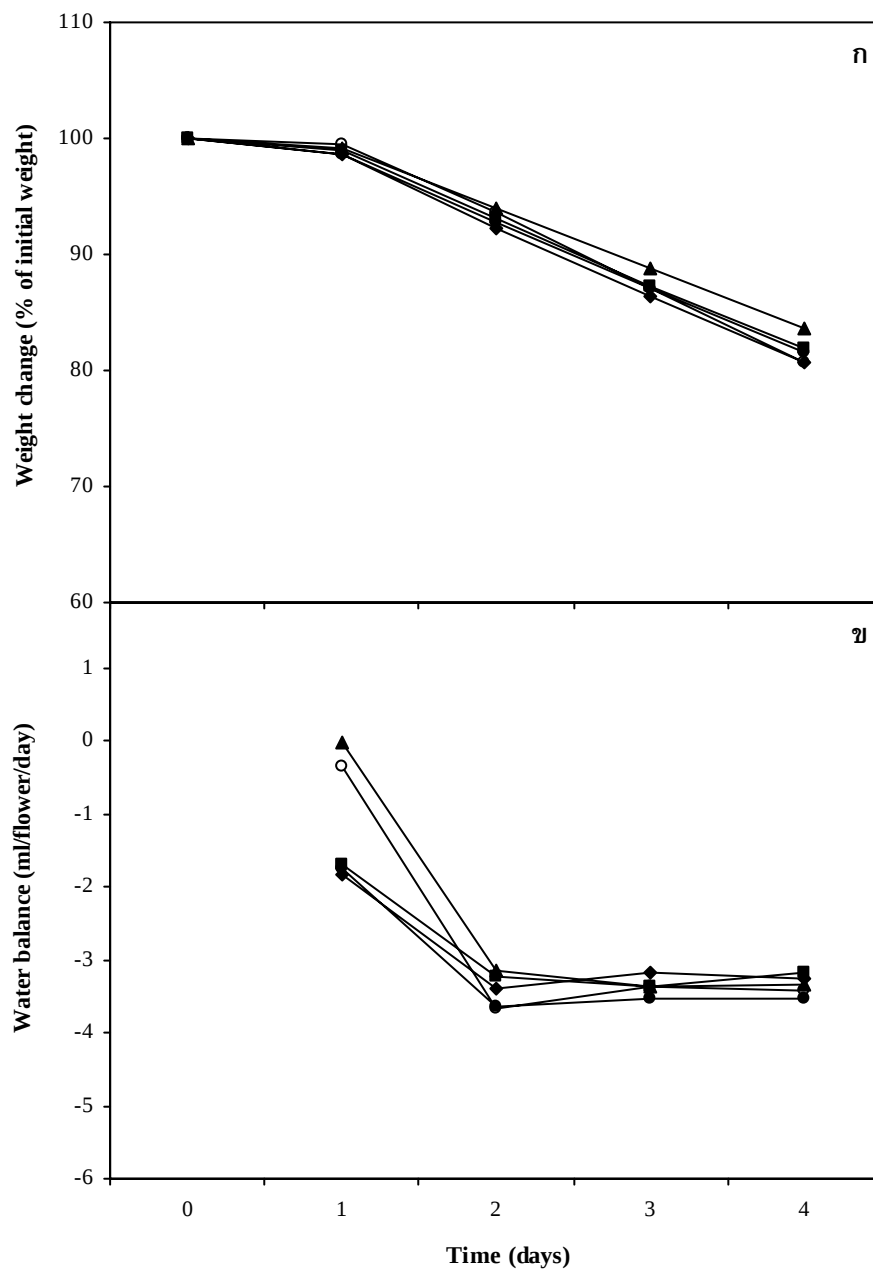
ภาพที่ 24 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ความเข้มข้น 25 (■) 50 (▲) 75 (◆) และ 100 (●) mg/L



ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ความเข้มข้น 25 (■) 50 (▲) 75 (◆) และ 100 (●) mg/L



ภาพที่ 26 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย AgNO<sub>3</sub> ความเข้มข้น 2.5 (■) 5 (▲) 7.5 (◆) และ 10 (●) mg/L



ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) และสารละลาย  $\text{AgNO}_3$  ความเข้มข้น 2.5 (■) 5 (▲) 7.5 (◆) และ 10 (●) mg/L

การปักแจกันดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชในสารละลาย 8-HQS, DICA และ  $\text{AgNO}_3$  มีอัตราการดูดน้ำ อัตราการคายน้ำ สมดุลน้ำ และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดไม่แตกต่างจากการปักแจกันในน้ำกลั่น (ภาพที่ 16-27) และมีอายุปักแจกันไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 5-7) ซึ่งสาร 8-HQS, DICA และ  $\text{AgNO}_3$  มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุหนึ่งของการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำในดอกไม้ และมีรายงานว่าสารเหล่านี้สามารถลดการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำและยืดอายุการปักแจกันของดอกไม้หลายชนิด เช่น กุหลาบ (กิตติพงษ์ , 2529; Marousky, 1972) Eustoma (Hojjati et al., 2007) และดอกไม้หลายชนิด แต่สารเหล่านี้ไม่สามารถเพิ่มอัตราการดูดน้ำของดอกบัวหลวง จึงทำให้ไม่สามารถยืดอายุการปักแจกันได้ ดังนั้นการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำในดอกบัวหลวงไม่ได้มีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งการอุดตันของท่อลำเลียงน้ำในดอกไม้บางชนิดเกิดจากพืชสร้างสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) บริเวณบาดแผล เช่น ดอกเบญจมาศ (van Doorn and Vaslier, 2002) และ ดอกกล้วยไม้หาวายพันธุ์เอียสกุล (มะลิวัลย์, 2552)

จากการทดลองเรื่องความสัมพันธ์น้ำของดอกบัวหลวงในการทดลองที่ 1 สรุปได้ว่าดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ไม่สามารถดูดน้ำมาทดแทนการคายน้ำได้ทัน เป็นสาเหตุหนึ่งให้ดอกบัวเสื่อมสภาพ และเมื่อศึกษาถึงสาเหตุของการอุดตันท่อลำเลียงน้ำ ทำให้ทราบว่าน้ำยางและเชื้อจุลินทรีย์ไม่ได้ทำให้ท่อลำเลียงน้ำของดอกบัวหลวงเกิดการอุดตัน และเมื่อลดการคายน้ำให้กับดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ทำให้ดอกบัวหลวงมีอายุปักแจกันนานขึ้น และเพิ่มสมดุลน้ำได้

## การทดลองที่ 2 บทบาทของเอทิลีนต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

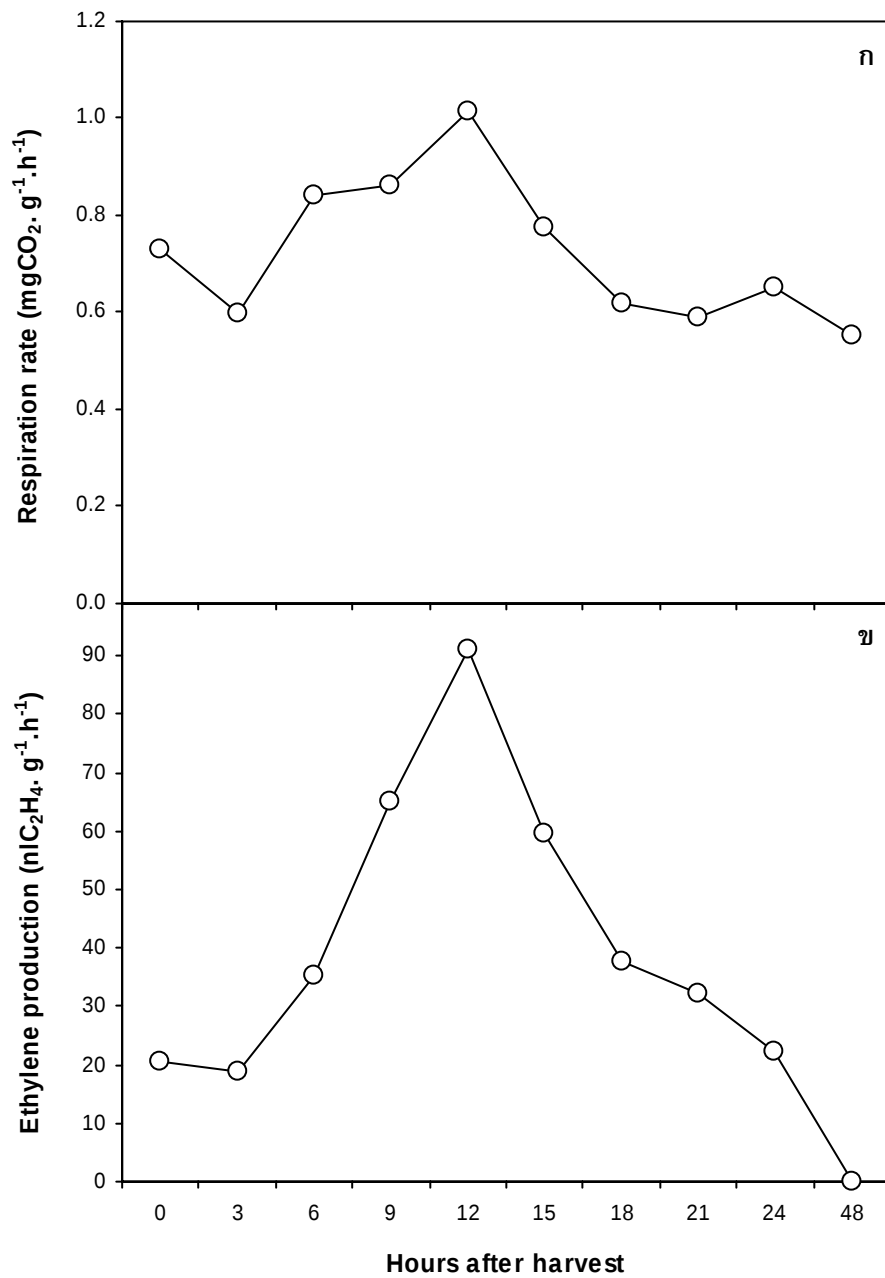
### การทดลองที่ 2.1 ศึกษาการหายใจและการผลิตเอทิลีนของบัวหลวงตัดดอก

#### การหายใจ

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขมีอัตราการหายใจอยู่ระหว่าง  $0.55 - 1.01 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  โดยดอกบัวมีอัตราการหายใจต่ำในช่วงแรกและค่อยเพิ่มสูงสุดในชั่วโมงที่ 12 และกลับลดลง แล้วมีอัตราการหายใจค่อนข้างคงที่จนกระทั่งหมดอายุการปักแจกัน (ภาพที่ 28ก)

#### การผลิตเอทิลีน

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุขมีรูปแบบการผลิตเอทิลีนคล้ายกับการหายใจ และเกิดการผลิตเอทิลีนสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 12 เช่นเดียวกัน แต่จะพบว่าการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 9-12 และลดลงอย่างรวดเร็วหลังชั่วโมงที่ 12 และไม่สามารถตรวจวัดการผลิตเอทิลีนได้ในวันที่ 2 หรือ ชั่วโมงที่ 48 ซึ่งดอกบัวหลวงมีการผลิตเอทิลีนค่อนข้างสูงอยู่ระหว่าง  $18.86-91.10 \text{ } \mu\text{IC}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  (ภาพที่ 28ข)



ภาพที่ 28 อัตราการหายใจ (ก) และการผลิตเอทิลีน (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์หลังการเก็บเกี่ยวที่ปักแจกันในน้ำกลั่น

## การทดลองที่ 2.2 ศึกษาบทบาทของเอทิลีนจากภายนอกต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัว

หลวง

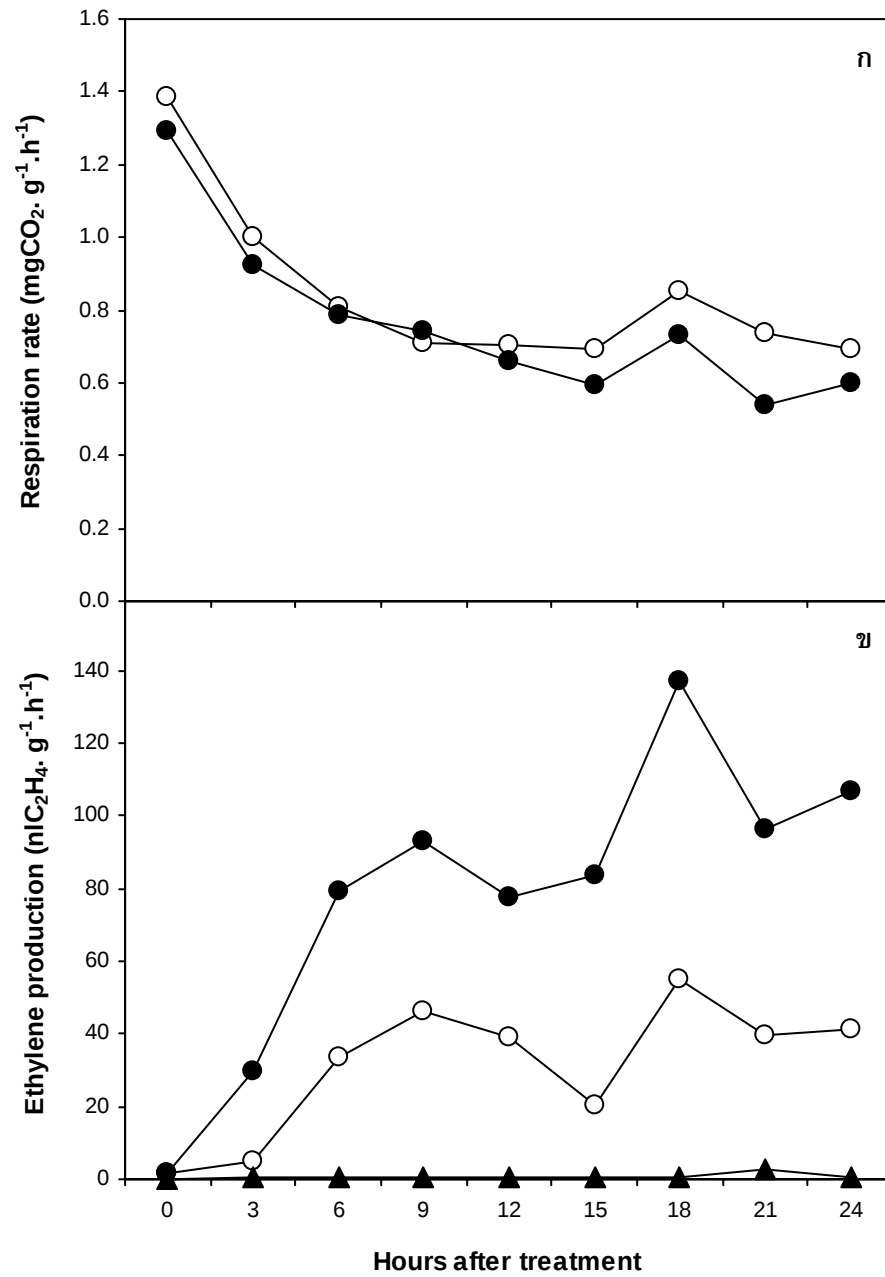
### การหายใจ

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูนที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและปักแจกันในสารละลายเอทิลฟอน 200 mg/L มีอัตราการหายใจไม่แตกต่างกันและมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการปักแจกัน แต่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ 18 ชั่วโมง (ภาพที่ 29ก)

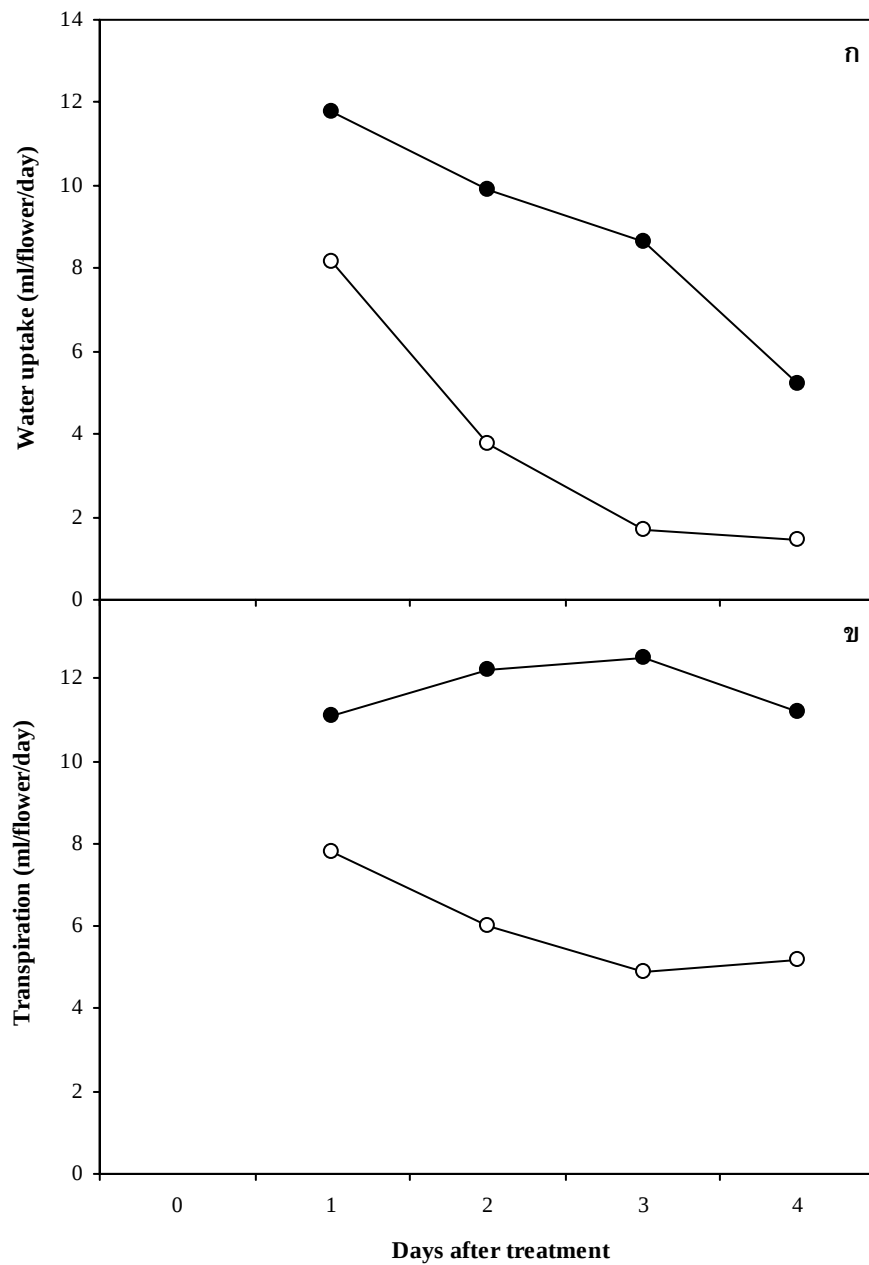
### การผลิตเอทิลีน

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูนที่ปักแจกันทั้งในน้ำกลั่นและสารละลายเอทิลฟอน 200 mg/L มีรูปแบบการผลิตเอทิลีนเหมือนกัน โดยพบการผลิตเอทิลีนสูงขึ้นสองครั้งที่เวลา 9 ชั่วโมง และ 18 ชั่วโมง แต่ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิลฟอนมีการผลิตเอทิลีนมากกว่าที่ปักแจกัน在水กลั่นตลอดระยะเวลาการปักแจกัน (ภาพที่ 29ข)

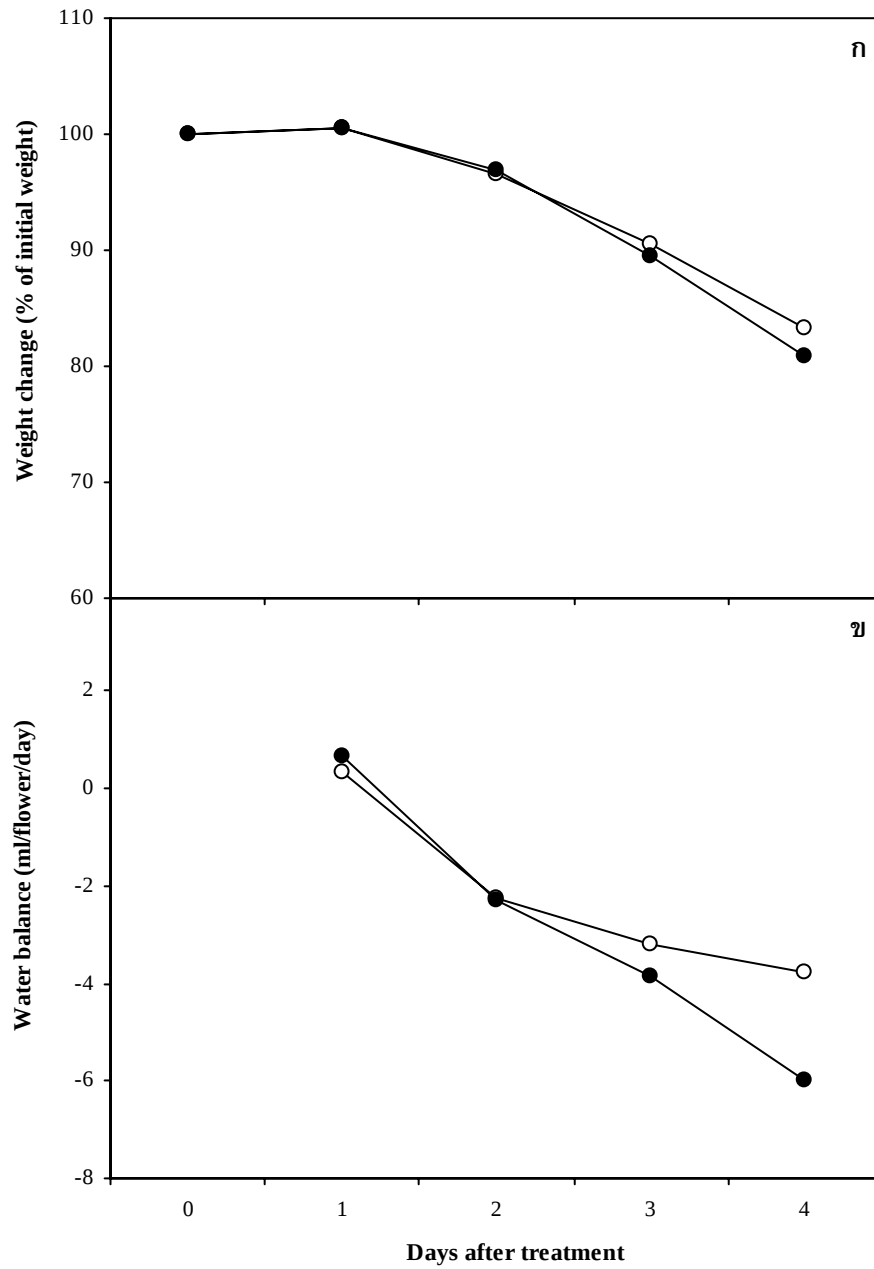
อัตราการดูดน้ำและการคายน้ำของดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิลฟอนสูงกว่าที่ปักแจกันในน้ำกลั่นตลอดระยะเวลาการปักแจกัน (ภาพที่ 30) แต่กลับพบว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิลฟอนมีสมมูลน้ำน้อยกว่าที่ปักแจกันในน้ำกลั่น ในวันที่ 3 และ 4 ของการปักแจกัน (ภาพที่ 31ข) ขณะที่การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของดอกบัวหลวงที่ปักแจกันทั้งในน้ำกลั่นและสารละลายเอทิลฟอนไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 31ก) ส่วนดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิลฟอนเกิดอาการกลีบดำเร็วกว่าและมากกว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่น ทำให้ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิลฟอนมีอายุปักแจกันเพียง 2.3 วัน แต่อย่างไรก็ตามดอกบัวทั้งสองทรีทเมนต์เกิดกลีบดำเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 4 ของการปักแจกัน (ภาพที่ 32)



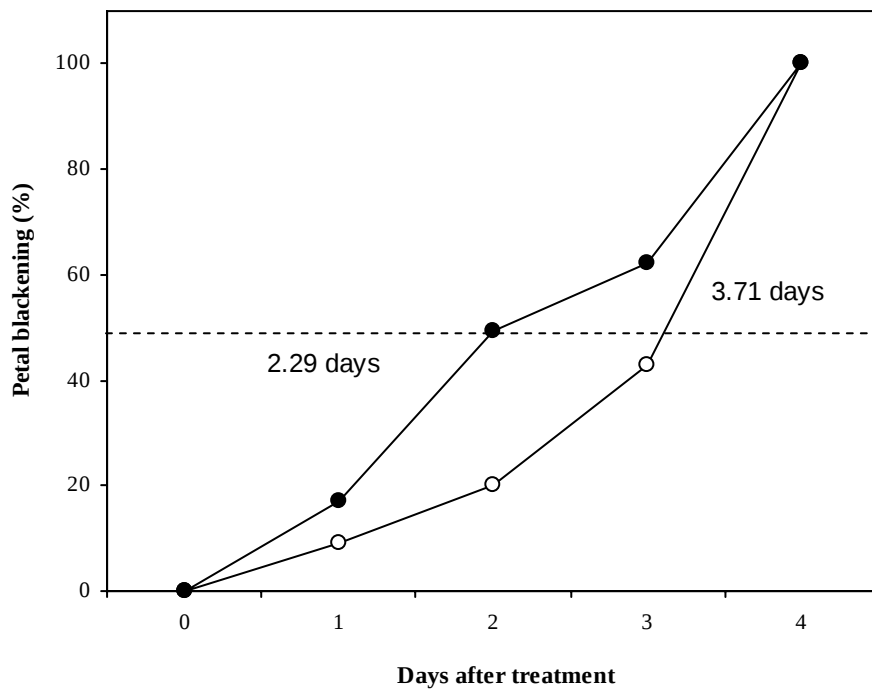
ภาพที่ 29 อัตราการหายใจ (ก) และการผลิตเอทิลีน (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่ปักแจกัน ในน้ำกลั่น (○) หรือสารละลายเอทิลฟอนความเข้มข้น 200 mg/L (●) และโหลเก็บแก๊สที่มีเฉพาะสารละลายเอทิลฟอนความเข้มข้น 200 mg/L (▲)



ภาพที่ 30 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) หรือสารละลายเอทิฟอน 200 mg/L (●)



ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอบบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ที่ปักแจกัน  
ในน้ำกลั่น (○) หรือสารละลายเอทิฟอน 200 mg/L (●)



ภาพที่ 32 อายุปักแจกันและเปอร์เซ็นต์กลีบของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (○) หรือสารละลายเอทิฟอน 200 mg/L (●)

### การทดลองที่ 2.3 ศึกษาผลของสารยับยั้งการทำงานของเอทิลีนต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

#### การทดลองที่ 2.3.1 ผลของสารละลาย silver thiosulfate ต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูนที่แช่ในสารละลาย STS ทุกความเข้มข้นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เกิดอาการกลีบดำมากกว่าที่ไม่ได้แช่สารละลาย STS และทำให้ดอกบัวหลวงมีอายุปักแจกันไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และมีอายุปักแจกันสั้นกว่าชุดควบคุมเมื่อแช่ในสารละลาย STS 4 mM เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น (ตารางที่ 8) มีรายงานว่า การแช่ดอกไม้ในสารละลาย STS ที่ความเข้มข้นสูงและแช่เป็นเวลานาน อาจเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของดอกไม้ (Veen, 1979) ขณะที่การดูน้ำ การคายน้ำ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด และสมดุลน้ำ ไม่แตกต่างกันตลอดการปักแจกันในน้ำกลั่น (ภาพที่ 33 และ 34)

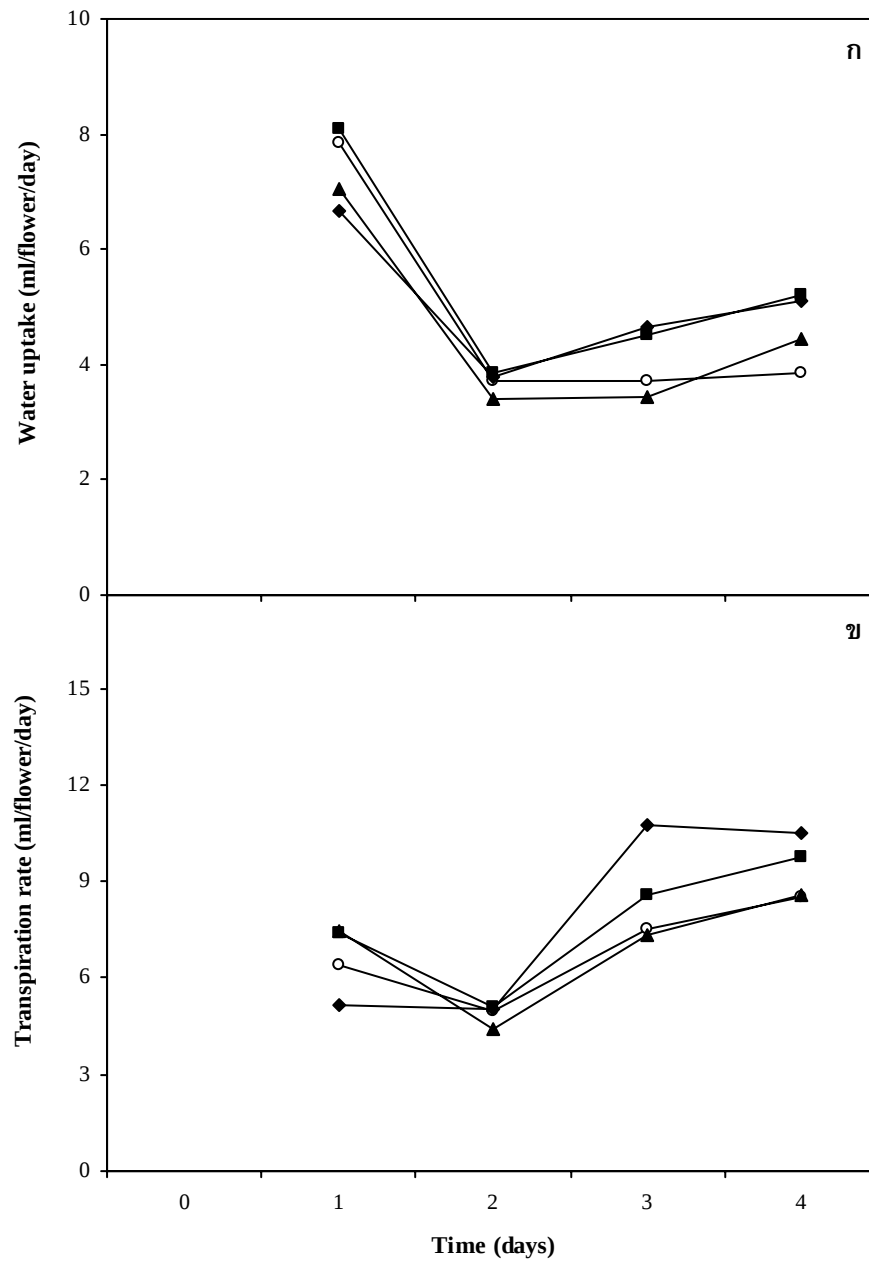
**ตารางที่ 8** อาการกลีบดำวันที่ 3 และอายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูน เมื่อแช่ในสารละลาย STS ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาปักแจกันในน้ำกลั่น

| ทรีทเมนต์           | อาการกลีบดำ วันที่ 3 <sup>1/</sup> (%) | อายุการปักแจกัน <sup>2/</sup> (วัน) |
|---------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| STS 0 mM (น้ำกลั่น) | 16.4 c                                 | 5.6 a                               |
| STS 1 mM            | 27.5 ab                                | 4.3 ab                              |
| STS 2 mM            | 22.8 bc                                | 4.9 a                               |
| STS 4 mM            | 31.6 a                                 | 3.3 b                               |
| <i>F</i> -test      | **                                     | *                                   |
| CV (%)              | 34.0                                   | 41.4                                |

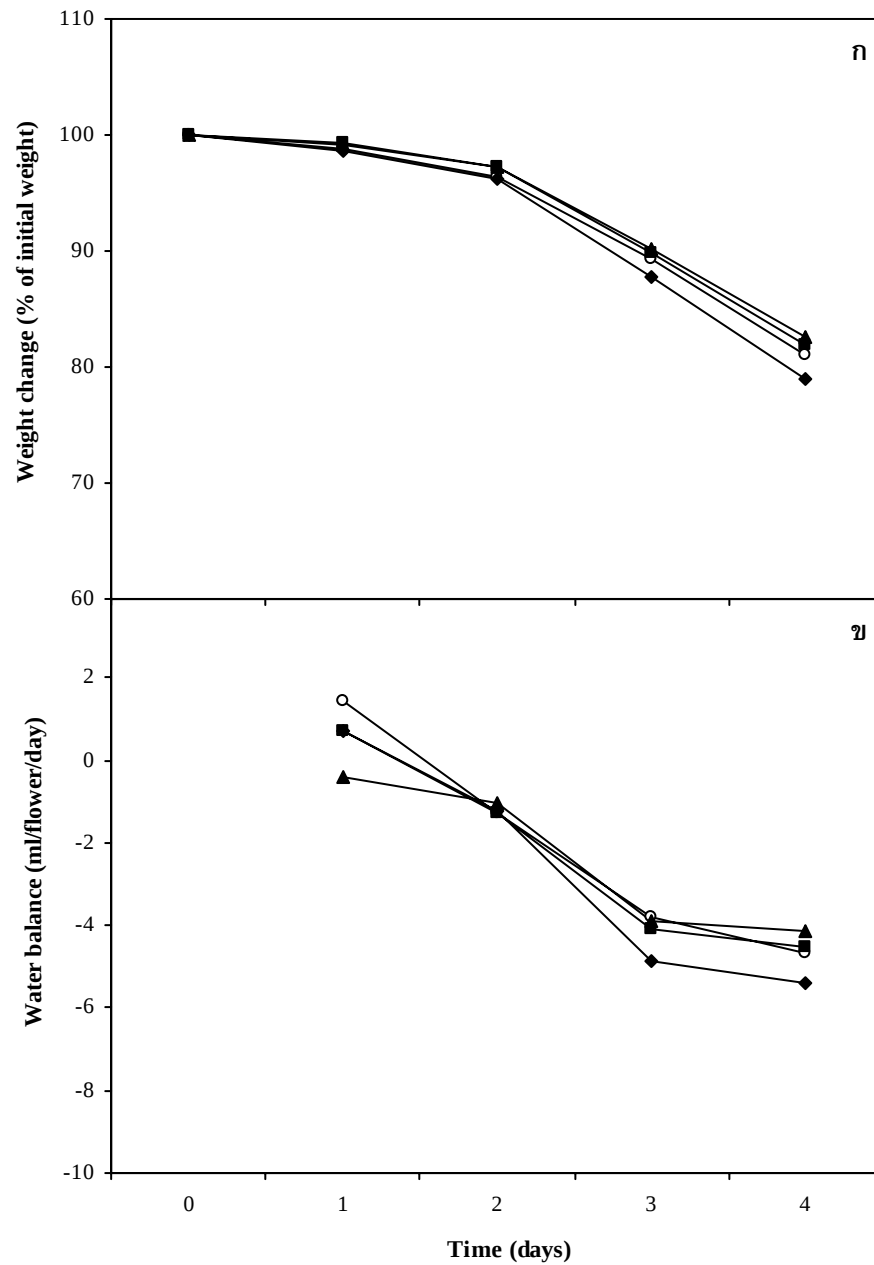
\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

<sup>1/</sup>, <sup>2/</sup> ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 33 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูนที่ไม่แช่ (○) หรือแช่สารละลาย STS ความเข้มข้น 1 (■) 2 (▲) และ 4 (◆) mM เป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนปักแจกันในน้ำ



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่ไม่แช่ (○) หรือแช่สารละลาย STS ความเข้มข้น 1 (■) 2 (▲) และ 4 (◆) mM เป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนปักแจกันในน้ำ

**การทดลองที่ 2.3.2** ผลของสาร 1-methylcyclopropene ต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัว

หลวง

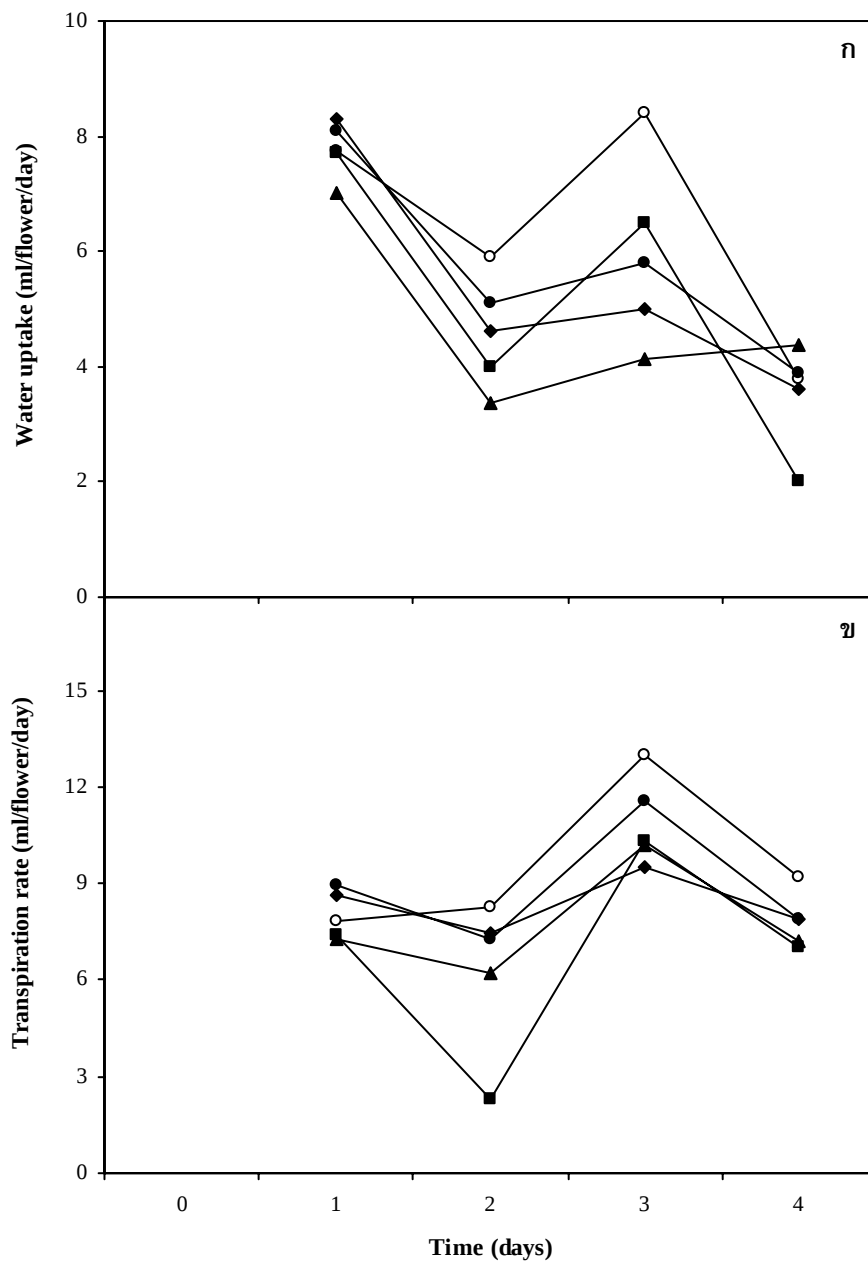
ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่รมสาร 1-MCP ทุกความเข้มข้น เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เกิดอาการกลีบดำน้อยกว่าดอกบัวที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP และทำให้ดอกบัวมีอายุปักแจกันนานกว่าชุดควบคุมประมาณ 1 วัน (ตารางที่ 9) ขณะที่การดูดน้ำ การคายน้ำ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด และสมดุลน้ำไม่แตกต่างกันตลอดการปักแจกัน (ภาพที่ 35 และ 36) ดังนั้นจึงรมดอกบัวหลวงด้วย 1-MCP ที่ความเข้มข้น 500 n/L เป็นเวลา 3 ชั่วโมง สำหรับการทดลองที่ 2.4

**ตารางที่ 9** อาการกลีบดำวันที่ 3 และอายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์เมื่อนำไปรมสาร 1-MCP ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

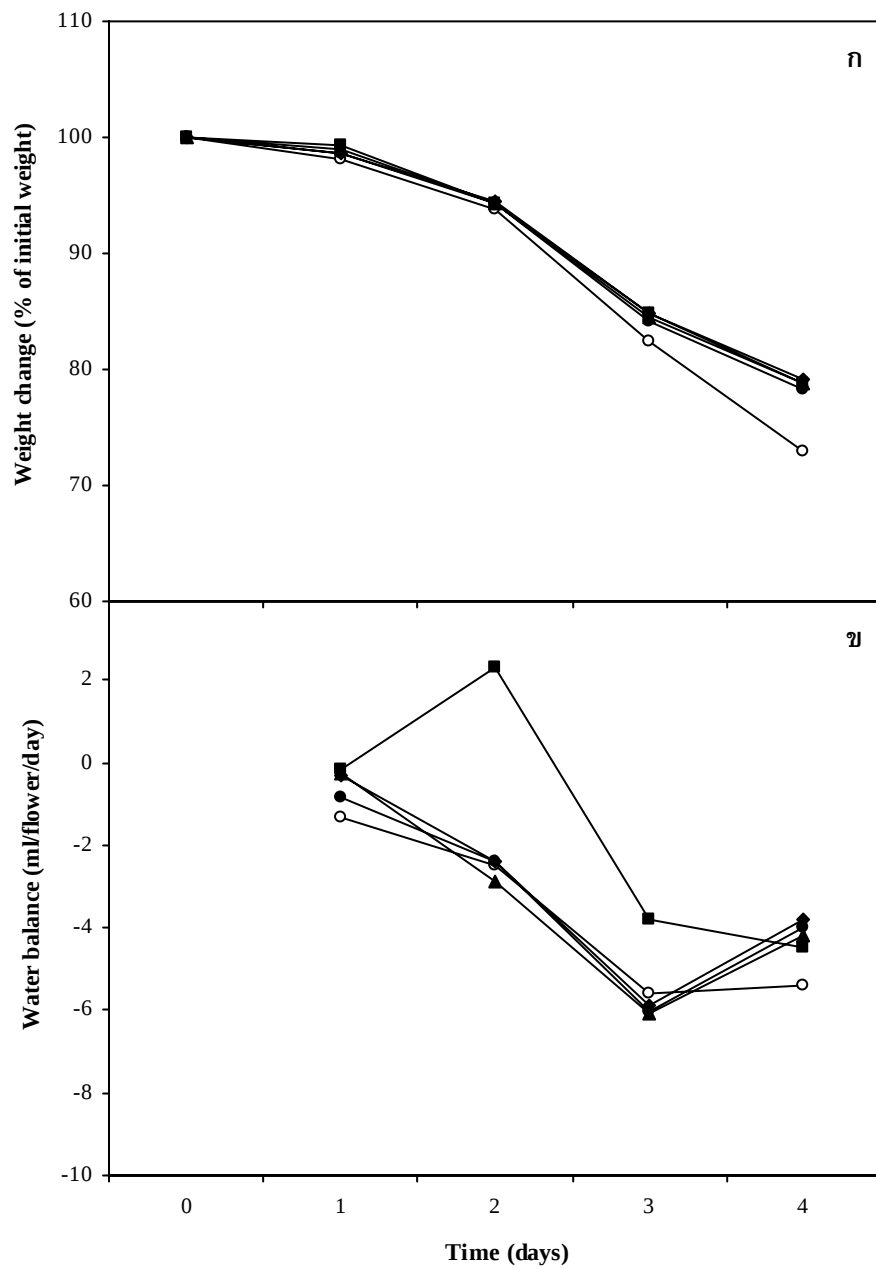
| ทรีทเมนต์           | อาการกลีบดำ วันที่ 3 <sup>1/</sup> (%) | อายุการปักแจกัน <sup>2/</sup> (วัน) |
|---------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| 1-MCP 0 n/L (อากาศ) | 81.0 a                                 | 1.9 b                               |
| 1-MCP 500 n/L       | 54.6 b                                 | 2.8 a                               |
| 1-MCP 1000 n/L      | 59.0 b                                 | 2.6 a                               |
| 1-MCP 2000 n/L      | 57.2 b                                 | 2.7 a                               |
| 1-MCP 4000 n/L      | 65.0 b                                 | 2.3 ab                              |
| <i>F</i> -test      | *                                      | *                                   |
| CV (%)              | 18.1                                   | 17.4                                |

\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<sup>1/</sup>, <sup>2/</sup> ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 35 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่รม (○) และรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 (■) 1000 (▲) 2000 (◆) และ 4000 (●) n/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น



**ภาพที่ 36** การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่รม (○) และรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 (■) 1000 (▲) 2000 (◆) และ 4000 (●) n/L ก่อนปักแจกันในน้ำกลั่น

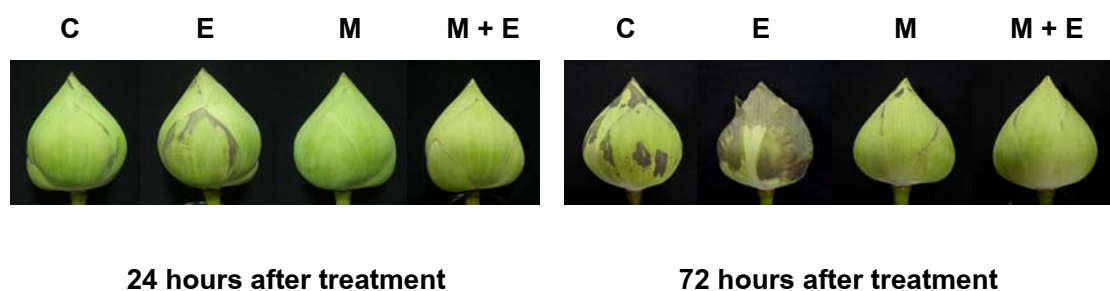
**การทดลองที่ 2.4** ศึกษาบทบาทเอทิลีนจากภายนอกพร้อมกับสาร 1-MCP ต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ที่รมสาร 1-MCP ทั้งที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลายเอทิฟอน เกิดอาการกลีบดำใกล้เคียงกับ control ขณะที่ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิฟอนเพียงอย่างเดียวเกิดอาการกลีบดำถึง 34.8% ในวันที่ 3 ของการปักแจกัน และมีอายุปักแจกันสั้นกว่า control (ภาพที่ 37 และ ตารางที่ 10)

ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิฟอนและไม่ได้รับสาร 1-MCP มีอัตราการดูดน้ำและการคายน้ำสูงกว่าทรีทเมนต์อื่น ๆ (ภาพที่ 38) ส่วนการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด และสมมูลน้ำไม่แตกต่างกันในทุกทรีทเมนต์ (ภาพที่ 39)

#### การผลิตเอทิลีน

ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและไม่รมสาร 1-MCP (control) ผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 และผลิตเอทิลีนสูงสุดที่ 6-12 ชั่วโมง ขึ้นกับแต่ละการทดลอง และผลิตเอทิลีนลดลงในภายหลัง ส่วนดอกบัวหลวงที่รมสาร 1-MCP และปักแจกันในน้ำกลั่นชะลอการเพิ่มขึ้นของการผลิตเอทิลีนให้ช้าลง แต่ไม่ได้ลดระดับการผลิตเอทิลีนในดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ โดยมีการผลิตเอทิลีนสูงสุดที่ 21 ชั่วโมง และผลิตเอทิลีนในระดับใกล้เคียงกับ control (ภาพที่ 40ก)



**ภาพที่ 37** การเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ที่ไม่รม หรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 n/L และปักแจกันในน้ำกลั่นหรือสารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น 200 mg/L เป็นเวลา 24 และ 72 ชั่วโมงหลังได้รับทรีทเมนต์ (C = Control, E = Ethephon, M = 1-MCP)

ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิฟอน ซึ่งเป็นสารที่ปลดปล่อยเอทิลีน (Abeles et al., 1992) เร่งอาการกลีบดำของดอกบัวหลวง (ภาพที่ 37) และทำให้ดอกบัวหลวงผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างมาก (ภาพที่ 40ก) ส่วนดอกบัวหลวงที่รมสาร 1-MCP และปักแจกันในสารละลายเอทิฟอนผลิตเอทิลีนสูงเช่นเดียวกับดอกบัวหลวงที่ปักในสารละลายเอทิฟอน แต่มีระดับของการผลิตเอทิลีนต่ำกว่า (ภาพที่ 40ก)

**ตารางที่ 10** อาการกลีบดำวันที่ 3 และอายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูนที่ไม่รมหรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 nI/L และปักแจกันในน้ำกลั่นหรือสารละลายเอทิฟอน 200 mg/l

| ทรีทเมนต์                 | อาการกลีบดำวันที่ 3 (%) | อายุการปักแจกัน (วัน) |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Distilled water (control) | 15.8 c                  | 5.0 a                 |
| Ethephon 200 mg/L         | 33.5 a                  | 4.6 b                 |
| 1-MCP 500 nI/L            | 25.7 b                  | 4.8 ab                |
| 1-MCP+Ethephon            | 18.4 c                  | 5.0 a                 |
| <i>F</i> -test            | **                      | *                     |
| CV (%)                    | 25.6                    | 6.9                   |

\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

1/, 2/ ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

#### ปริมาณ ACC และกิจกรรมเอนไซม์ ACS และ ACO

ACC ในกลีบดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิฟอน มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ส่วนดอกบัวหลวงที่รมด้วย 1-MCP และปักแจกันในสารละลายเอทิฟอนลดการเพิ่มขึ้นของปริมาณ ACC ได้ในช่วง 24 ชั่วโมง แล้วกลับเพิ่มสูงขึ้นที่ 48 ชั่วโมง ในขณะที่ปริมาณ ACC ของดอกบัวหลวงที่รม 1-MCP มีปริมาณ ACC ไม่แตกต่างจากดอกบัวหลวงที่ไม่รม 1-MCP และปักแจกันในน้ำกลั่น (ภาพที่ 40ข)

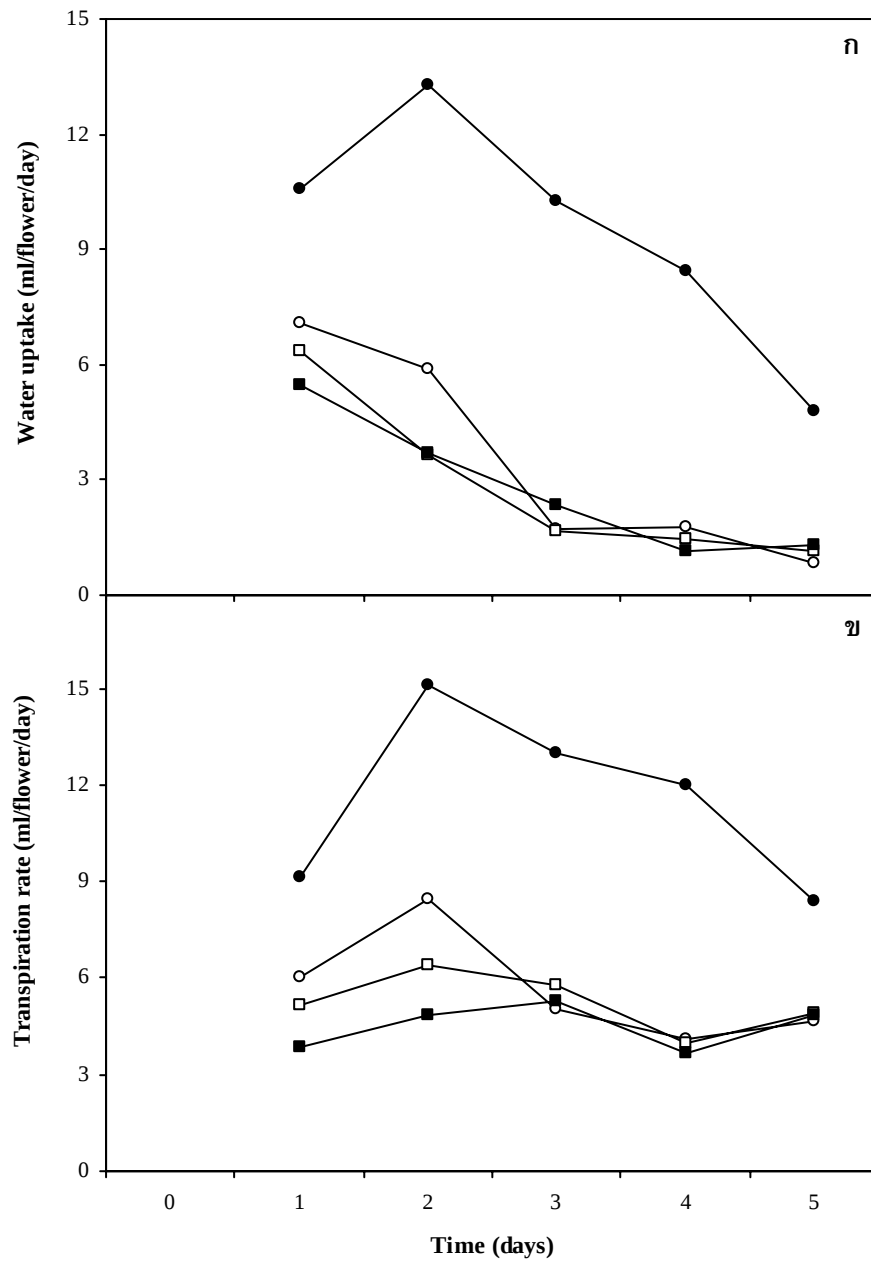
เอนไซม์ ACS ในกลีบดอกบัวหลวงที่ไม่รม 1-MCP และปักแจกันในน้ำกลั่นมีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มขึ้นหลังจาก 6 ชั่วโมง และเพิ่มสูงสุดที่ 18 ชั่วโมง แล้วลดลงและกิจกรรมค่อนข้างคงที่ ดอกบัวหลวงรม 1-MCP และปักแจกันในน้ำกลั่น แสดงให้เห็นว่าสาร 1-MCP สามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ ACS ลงได้เล็กน้อย โดยมีกิจกรรมเอนไซม์ลดต่ำลงมากที่สุดที่ 18 ชั่วโมง ขณะที่ดอกบัวหลวงที่แช่สารละลายเอทิฟอนมีกิจกรรมเอนไซม์ ACS เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 18 ชั่วโมง และลดลงเล็กน้อยที่ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยที่ดอกบัวหลวงที่รม 1-MCP และปักแจกันในสารละลายเอทิฟอน พบว่าสาร 1-MCP ลดกิจกรรมเอนไซม์ ACS ได้ที่ 18 ชั่วโมง แล้วมีกิจกรรมเอนไซม์สูงสุดที่ 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 41 ก) สอดคล้องกับปริมาณ ACC ที่เพิ่มสูงขึ้นที่ 48 ชั่วโมง (ภาพที่ 40ข)

ในทางตรงกันข้ามพบว่าเอนไซม์ ACO ในกลีบดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่น ทั้งที่ไม่รมและรม 1-MCP ไม่มีกิจกรรมเอนไซม์เพิ่มขึ้น และมีกิจกรรมต่ำมาก ขณะที่ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิลphonทำให้เอนไซม์ ACO มีกิจกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเริ่มมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 6 ชั่วโมงหลังปักแจกัน ส่วนดอกบัวหลวงที่รม 1-MCP และปักแจกันในสารละลายเอทิลphon สามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ ACO ได้ (ภาพที่ 41ข)

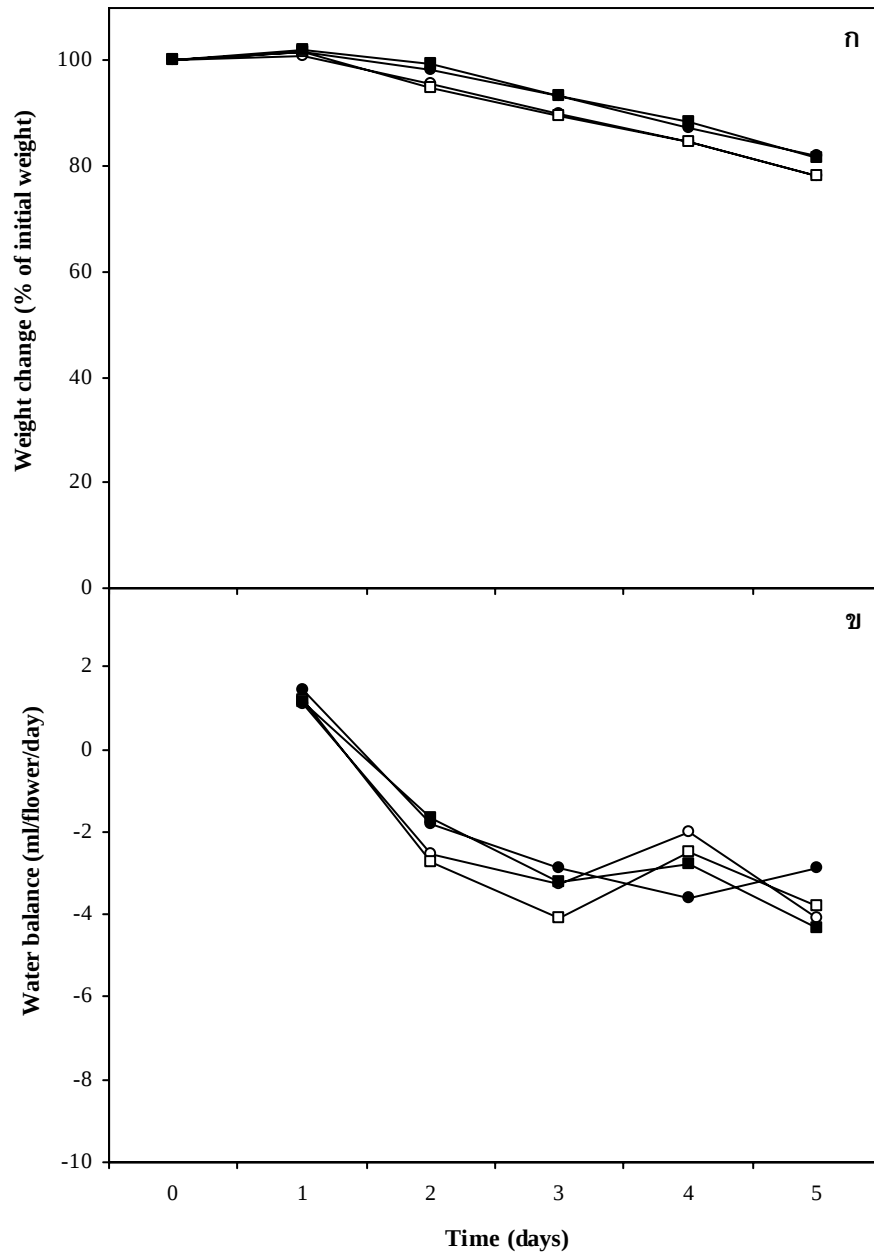
จากผลการทดลองพบว่าสาร 1-MCP สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของการผลิตเอทิลลีน แต่ไม่ได้ลดระดับการผลิตเอทิลลีนในดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ ดอกบัวหลวงที่ใช้ในการวิจัย ตัดดอกบัวหลวงในระยะดอกตูม ซึ่งเป็นระยะที่ดอกบัวหลวงยังไม่สามารถพัฒนากระบวนการเสื่อมสภาพ (senescence) และการหลุดร่วงได้ตามปกติ ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของเอทิลลีนของดอกบัวหลวงหลังการตัดดอกน่าจะเกิดจากกระบวนการอื่น จากข้อมูลของงานวิจัยคาดว่าอาจจะเกิดจากความเครียดทางสรีรวิทยา (physiological stress) เช่น การขาดน้ำ หรือ ขาดแหล่งพลังงาน และเนื่องด้วยสาร 1-MCP สามารถชะลออาการกลีบดำหลังการตัด ซึ่งตัวรับเอทิลลีน (ethylene receptor) อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับ ความเครียด และการผลิตเอทิลลีนเพิ่มขึ้นของดอกบัวหลวงหลังการตัด เกิดเนื่องจากความเครียดไปกระตุ้นให้มีการผลิตเอทิลลีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเอทิลลีนเหล่านี้กระตุ้นให้ตัวรับเอทิลลีนทำงานและส่งสัญญาณให้มีการสังเคราะห์เอทิลลีนเพิ่มขึ้น เกิดเป็น ethylene feedback loop ส่วนกิจกรรมเอนไซม์ ACS และ ACO พบว่าในดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์มีกิจกรรมเอนไซม์ ACS เพิ่มขึ้นหลังการตัดดอก ขณะที่เอนไซม์ ACO ไม่ได้มีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าเอนไซม์ ACS เป็นเอนไซม์หลัก (key enzyme) ในการสังเคราะห์เอทิลลีนของดอกบัวหลวง

การรมดอกบัวหลวงด้วยก๊าซเอทิลลีน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ไม่มีผลเร่งอาการกลีบดำของดอกบัวหลวง แต่กลับพบว่าการปักแจกันดอกบัวหลวงในสารละลายเอทิลphon (สารปลดปล่อยก๊าซเอทิลลีน) เร่งอาการกลีบดำ แต่ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดก๊าซเอทิลลีนจึงไม่มีผลเร่งอาการกลีบดำในดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ ส่วนการรมดอกบัวหลวงด้วย 1-MCP ชะลออาการกลีบดำในช่วงสามวันแรกของการปักแจกัน หลังจากนั้น 1-MCP ไม่สามารถป้องกันอาการกลีบดำได้ บ่งบอกว่าสาร 1-MCP มีผลชั่วคราว (temporary effect) ซึ่งพบได้ในการหลุดร่วงหรือการเสื่อมสภาพของกลีบดอกในดอกไม้ชนิดอื่น ๆ การที่สาร 1-MCP ให้ผลชั่วคราวอาจเป็นเพราะมีการสังเคราะห์ตัวรับเอทิลลีนขึ้นมาใหม่ (Cameron and Reid, 2001)

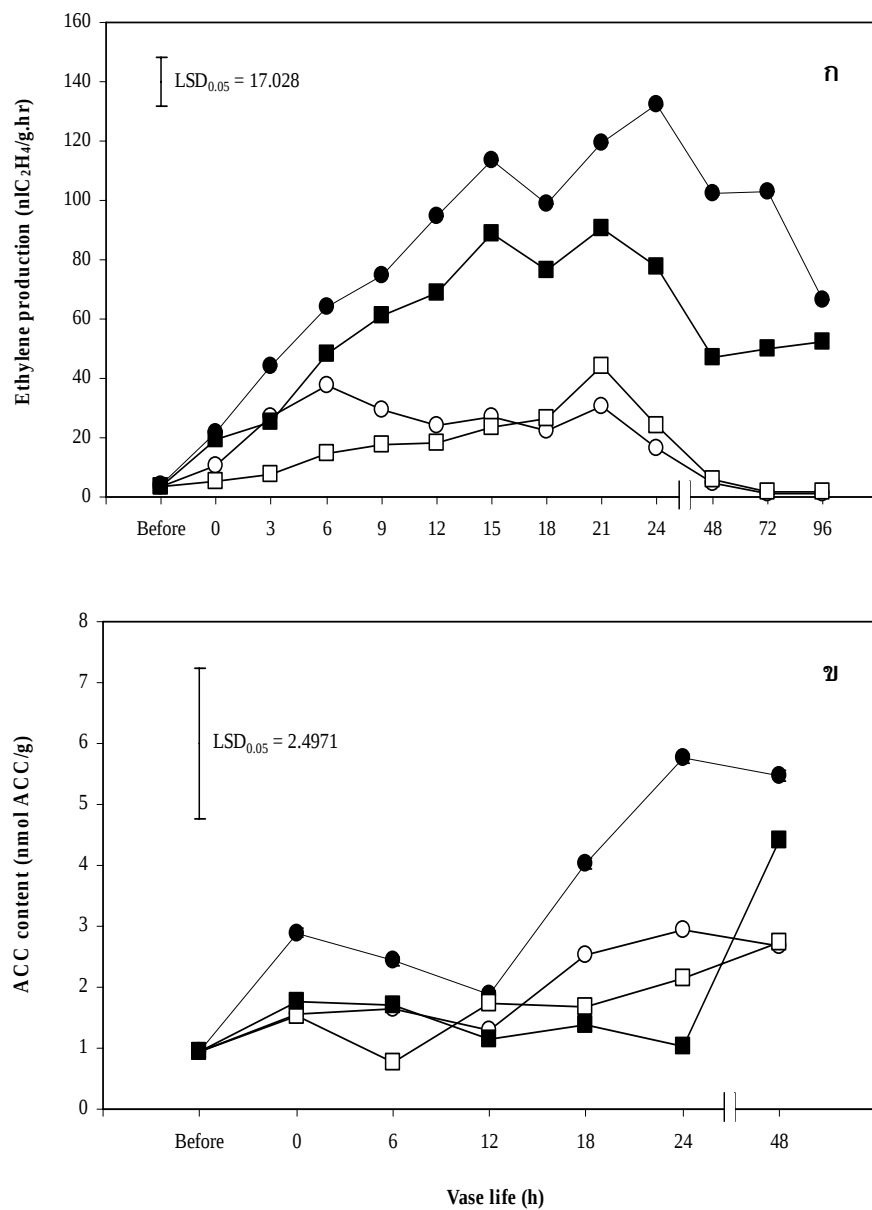
ส่วนดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลายเอทิลphonให้ผลตรงกันข้ามกับดอกบัวหลวงที่รม 1-MCP โดยเอทิลphonชักนำให้ดอกบัวหลวงผลิตเอทิลลีนเพิ่มสูงขึ้นและเร่งอาการกลีบดำ ดังนั้นข้อมูลเหล่านี้สนับสนุนว่าเอทิลลีนเป็นสาเหตุของการเกิดอาการกลีบดำในดอกบัวหลวงระยะดอกตูม และเอทิลphonไปกระตุ้นให้มีปริมาณ ACC กิจกรรมเอนไซม์ ACS และ ACO เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการผลิตเอทิลลีน



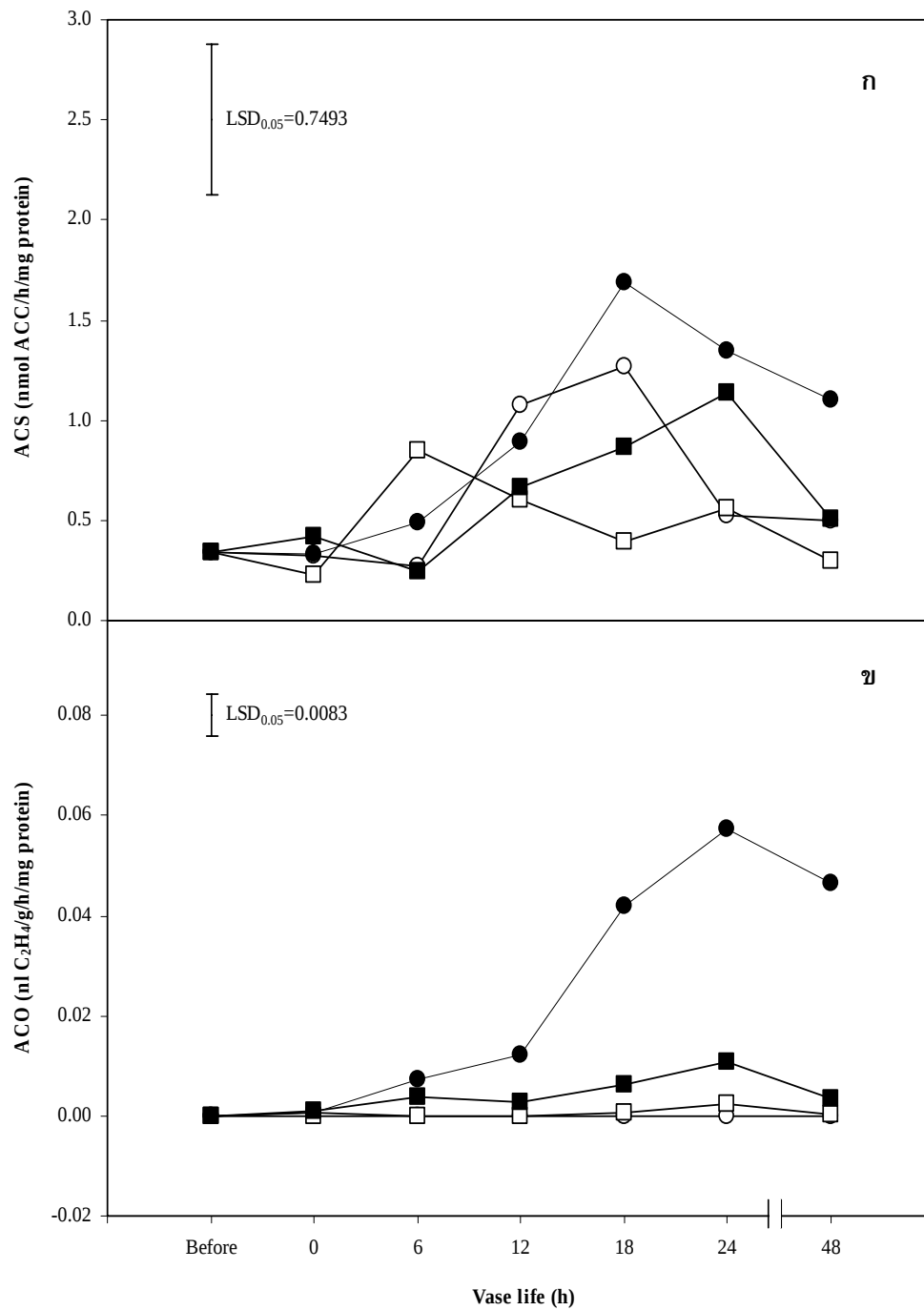
ภาพที่ 38 การดูดน้ำ (ก) และการคายน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่ไม่รม (○, ●) หรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 nL/L (□, ■) และปักแจกันในน้ำกลั่น (○, □) หรือสารละลายเอทิลฟอน 200 mg/L (●, ■)



**ภาพที่ 39** การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (ก) และสมดุลน้ำ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่  
ไม่รม (○, ●) หรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 n/L (□, ■) และปักแจกันในน้ำกลั่น (○, □)  
หรือสารละลายเอทิลฟอน 200 mg/L (●, ■)



ภาพที่ 40 การผลิตเอทิลีน (ก) และปริมาณ ACC (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่ไม่รม (○, ●) หรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 nL/L (□, ■) และปักแจกันในน้ำกลั่น (○, □) หรือสารละลายเอทิลฟอน 200 mg/L (●, ■)



ภาพที่ 41 กิจกรรมเอนไซม์ ACS (ก) และ ACO (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบพูนที่ไม่รม (○, ●) หรือรมสาร 1-MCP ความเข้มข้น 500 n/L (□, ■) และปักแจกันในน้ำกลั่น (○, □) หรือสารละลายเอธิฟอน 200 mg/L (●, ■)

### การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของดอกบัวหลวงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

#### การทดลองที่ 3.1 การเก็บรักษาดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C พบกลีบดอกบัวบริเวณปลายกลีบดอกเกิดสีน้ำตาลอมเทาตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา และกลีบดอกเกิดสีน้ำตาลอมเทาเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะอาการสะท้านหนาว (chilling injury: CI) ในดอกบัวหลวง (ภาพที่ 43ข และ 43ค) และดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เริ่มเกิด CI วันที่ 6 และพัฒนาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่ดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่ 15°C พบว่าเกิด CI ช้ำที่สุดในวันที่ 9 แต่อย่างไรก็ตามดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่ 15°C พบอาการขอบกลีบดำเนื่องจากการเสื่อมสภาพ ส่วนดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เกิด CI มากกว่าดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 15°C ตามลำดับ (ภาพที่ 42 และ 43ข-43จ) จึงทำให้ดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C มีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด คือ 6.3 วัน ขณะที่การเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิ 10 และ 15°C มีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน โดยมีอายุเก็บรักษาที่ 8.8 และ 9.6 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทุก ๆ 2 วัน นำดอกบัวหลวงมาปักแจกันในน้ำกลั่น พบว่าดอกบัวหลวงมีอายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาสั้นลงเมื่อเก็บรักษาดอกบัวหลวงนานขึ้น โดยดอกบัวหลวงเก็บรักษาทุกอุณหภูมิมีอายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อเก็บรักษาดอกบัวหลวงนาน 6 และ 8 วันที่อุณหภูมิ 10°C และ 15°C ทำให้อายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาประมาณ 1 วัน (ตารางที่ 12)

จากการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าหากเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10°C จะทำให้อายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาสั้นลง และมีอายุการเก็บรักษาสั้น เช่นเดียวกับดอกไม้เขตร้อนหลายชนิด เช่น กล้วยไม้ หน้าวัว (สายชล, 2531) และปทุมมา (กนกพร, 2541) เป็นต้น ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมของการเก็บรักษาดอกบัวหลวงอยู่ระหว่าง 10-15 °C ถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิที่ 15°C ดอกบัวหลวงจะเกิด CI น้อยกว่าที่ 10°C แต่จะพบว่าดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°C เกิดการเสื่อมสภาพเร็วกว่าที่ 10°C จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ 9-10 วัน และพบว่าอายุการเก็บรักษานานขึ้นยังทำให้อายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาสั้นลง หากต้องการให้อายุการใช้งานหลังการเก็บรักษาประมาณ 1 วัน ควรเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิ 10-15°C ไม่เกิน 8 วัน

ตารางที่ 11 อายุการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15°C

| อุณหภูมิเก็บรักษา | อายุการเก็บรักษา <sup>1/</sup> (วัน) |
|-------------------|--------------------------------------|
| 5°C               | 6.3 b                                |
| 10°C              | 8.8 a                                |
| 15°C              | 9.6 a                                |
| <i>F</i> -test    | **                                   |
| CV (%)            | 17.8                                 |

\*\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

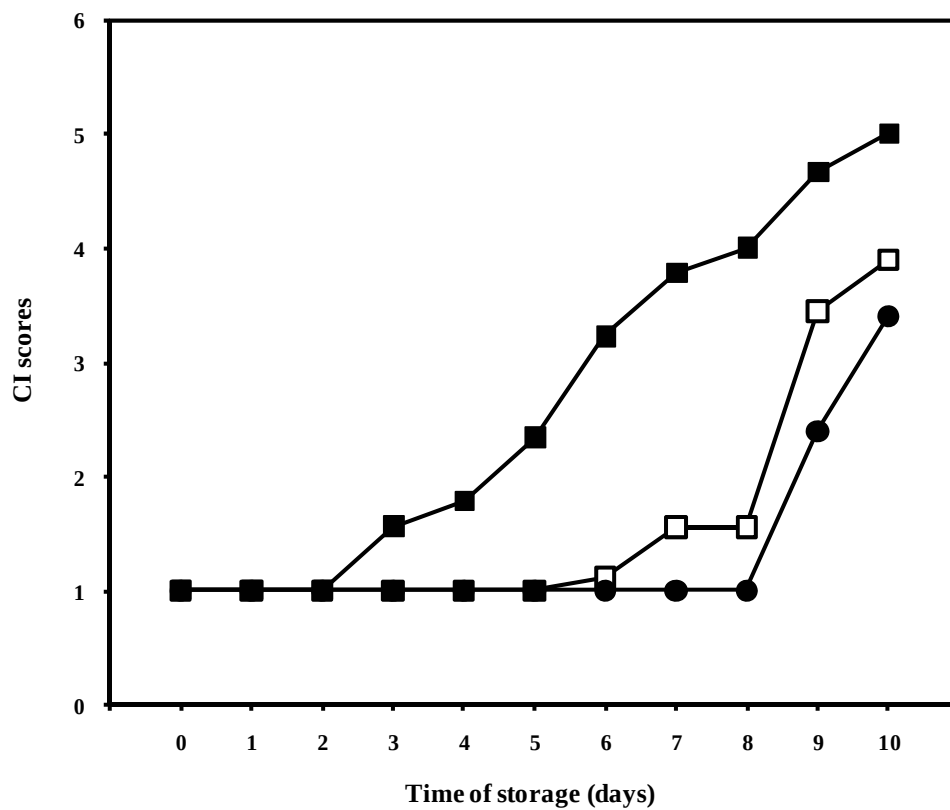
<sup>1/</sup> ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 12 อายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15°C

| อุณหภูมิเก็บรักษา | อายุปักแจกัน (วัน) |      |      |      |      |     |
|-------------------|--------------------|------|------|------|------|-----|
|                   | 0                  | 2    | 4    | 6    | 8    | 10  |
| 5°C               | 3.7                | 2.5  | 2.1  | 0.6  | .    | .   |
| 10°C              | 3.7                | 2.2  | 1.3  | 0.7  | 1.0  | .   |
| 15°C              | 3.6                | 3.2  | 1.7  | 1.0  | 0.8  | 0.6 |
| <i>F</i> -test    | ns                 | ns   | ns   | ns   | ns   | na  |
| CV (%)            | 6.7                | 27.6 | 53.9 | 64.5 | 35.4 | -   |

na ไม่ได้วิเคราะห์ทางสถิติ

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 42 คะแนนการเกิดอาการสะท้อนขาวของดอกบัวพันธุ์สัตตบุชย์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 (■) 10 (□) และ 15 (●)°C



ภาพที่ 43 แสดงลักษณะดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์ก่อนการเก็บรักษา (ก), ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุชย์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 6 วัน (ข) และ 8 วัน (ค), เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C (ง) และ 15°C (จ) เป็นเวลา 8 วัน

### การทดลองที่ 3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของบัวหลวงตัดดอก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชที่อุณหภูมิ 5 และ 10°C พบว่า ดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่าที่อุณหภูมิ 10°C (ภาพที่ 44ก) สอดคล้องกับการรั่วไหลของประจุในกลีบดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่ 5°C มีค่า มากกว่าดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่ 10°C (ภาพที่ 44ข) ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 4.8 และ 9.9 วัน ตามลำดับ และดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชเกิดอาการสะท้านหนาวมากกว่าพันธุ์สัตตบงกช โดยมีอายุ การเก็บรักษา 6.6 และ 8.2 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 13) แต่กลับพบว่ามีค่าการรั่วไหลของประจุไม่ แตกต่างกันระหว่างดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ (ภาพที่ 44ข) อย่างไรก็ตามหลังการเก็บรักษาดอกบัว หลองทั้งสองพันธุ์และทั้งสองอุณหภูมิมีอายุปักแจกันไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 14)

#### ปริมาณ total phenolics และกิจกรรมเอนไซม์ PAL และ PPO

ดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเกิดอาการสะท้านหนาว โดยพบว่าเนื้อเยื่อ กลีบดอกถูกทำลายและแสดงอาการกลีบเป็นสีน้ำตาลอ่อนและพัฒนาเป็นสีดำในที่สุด การเกิดสี น้ำตาลในพืชเกี่ยวข้องกับสารประกอบฟีนอล (phenolics compound) และเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ phenylalanine ammonia lyase (PAL) จึงตรวจวัดปริมาณ total phenolic และ กิจกรรมเอนไซม์ PAL และ PPO ระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 45) พบว่าดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์มี ปริมาณ total phenolic เพิ่มขึ้นระหว่างเก็บรักษา แต่มีปริมาณไม่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์และ อุณหภูมิที่เก็บรักษา (ภาพที่ 45ก) และไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมเอนไซม์ PAL และ PPO ซึ่งพบว่า ดอกบัวหลวงทั้งสองพันธุ์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10°C มีกิจกรรมเอนไซม์ PAL ไม่แตกต่าง กันในวันที่ 0 และ 6 ของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 เป็นเวลานาน 12 วัน พบกิจกรรม เอนไซม์ PAL สูงกว่าดอกบัวหลวงเก็บรักษาที่ 10°C (ภาพที่ 45ข) ขณะที่เอนไซม์ PPO มีกิจกรรม ไม่แตกต่างกันระหว่างดอกบัวทั้งสองพันธุ์และสองอุณหภูมิ ยกเว้นในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาที่ 5°C ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชมีกิจกรรมเอนไซม์ PPO สูงสุด (ภาพที่ 45ค)

ตารางที่ 13 อายุการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10°C

| อุณหภูมิเก็บรักษา | พันธุ์   |          | ค่าเฉลี่ย |
|-------------------|----------|----------|-----------|
|                   | สัตตบงกช | สัตตบงกช |           |
| 5                 | 5.5      | 4.2      | 4.8 a     |
| 10                | 11.0     | 8.9      | 9.9 b     |
| ค่าเฉลี่ย         | 8.2 a    | 6.6 b    |           |
| อุณหภูมิ          | **       |          |           |
| พันธุ์            | **       |          |           |
| อุณหภูมิ x พันธุ์ | ns       |          |           |

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

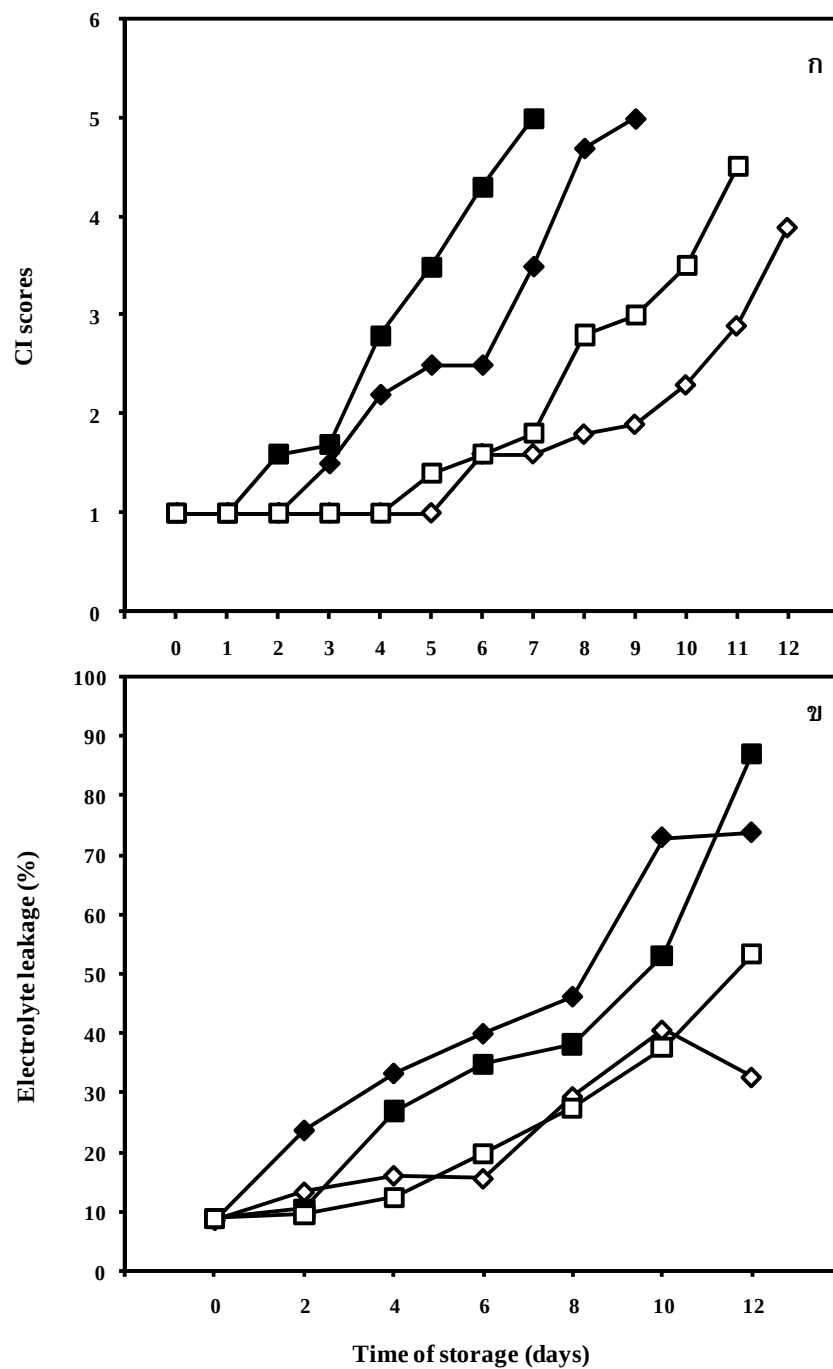
ตารางที่ 14 อายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกช และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10°C

| ระยะเวลาเก็บรักษา<br>(วัน) | อุณหภูมิเก็บรักษา                       | พันธุ์         |          | ค่าเฉลี่ย |
|----------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------|-----------|
|                            |                                         | สัตตบงกช       | สัตตบงกช |           |
| 0                          | 5°C                                     | 3.50           | 3.50     | 3.50      |
|                            | 10°C                                    | 3.50           | 3.50     | 3.50      |
|                            | ค่าเฉลี่ย                               | 3.50           | 3.50     |           |
|                            | อุณหภูมิ<br>พันธุ์<br>อุณหภูมิ x พันธุ์ | ns<br>ns<br>ns |          |           |
| 2                          | 5°C                                     | 3.30           | 2.40     | 2.85      |
|                            | 10°C                                    | 2.60           | 3.10     | 2.85      |
|                            | ค่าเฉลี่ย                               | 2.95           | 2.75     |           |
|                            | อุณหภูมิ<br>พันธุ์<br>อุณหภูมิ x พันธุ์ | ns<br>ns<br>ns |          |           |
| 4                          | 5°C                                     | 1.30           | 0.50     | 0.90      |
|                            | 10°C                                    | 2.00           | 1.90     | 1.95      |
|                            | ค่าเฉลี่ย                               | 1.65           | 1.20     |           |
|                            | อุณหภูมิ<br>พันธุ์<br>อุณหภูมิ x พันธุ์ | **<br>ns<br>ns |          |           |
| 6                          | 5°C                                     | -              | -        | -         |
|                            | 10°C                                    | 1.40           | 0.90     | 1.15      |
|                            | ค่าเฉลี่ย                               | 1.40           | 0.90     |           |
|                            | อุณหภูมิ<br>พันธุ์<br>อุณหภูมิ x พันธุ์ | na<br>na<br>na |          |           |

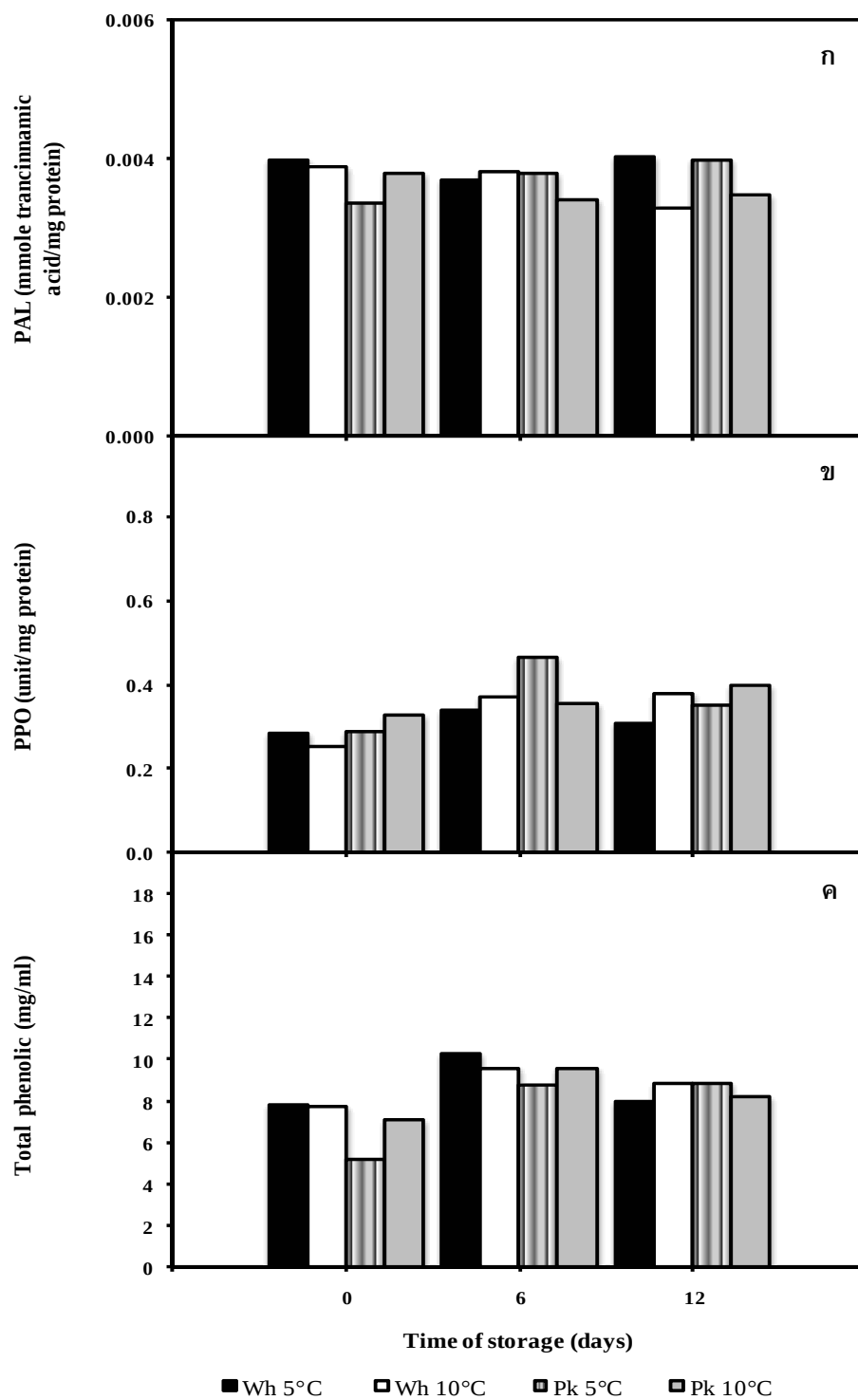
na ไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



ภาพที่ 44 คะแนนการเกิดอาการสะท้อนขาว (ก) และการรั่วไหลของประจุ (ข) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช (◇, ◆) และพันธุ์สัตตตองกข (□, ■) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C (◆, ■) และ 10°C (□, ◇)



ภาพที่ 45 กิจกรรมเอนไซม์ PAL (ก) และเอนไซม์ PPO (ข) และปริมาณ total phenolic (ค) ของ ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช (Wh) และพันธุ์สัตตบงกช (Pk) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10°C

### การทดลองที่ 3.3 การลดอาการสะท้อนของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่บรรจุในถุงพลาสติก PE หรือ ถุงพลาสติกของ MTEC ที่อุณหภูมิ 5°C พบว่าดอกบัวหลวงบรรจุในถุง MTEC ลดอาการสะท้อนของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชได้ (ภาพที่ 46ก) สอดคล้องกับการรั่วไหลของประจุที่มีค่าต่ำกว่าดอกบัวหลวงบรรจุในถุง PE (ภาพที่ 46ข) และดอกบัวหลวงที่บรรจุในถุงทั้งสองชนิดมีค่าการรั่วไหลเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา

การบรรจุดอกบัวหลวงในถุง MTEC ยึดอายุการเก็บรักษาได้นาน 7.5 วัน ขณะที่ดอกบัวหลวงบรรจุถุง PE มีอายุการเก็บรักษา 5.9 วัน (ตารางที่ 15) และเมื่อนำมาปักแจกันหลังการเก็บรักษา 2 และ 4 วัน มีอายุปักแจกันไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บรักษาดอกบัวหลวงเป็นเวลา 6 และ 8 วัน พบว่าดอกบัวหลวงที่บรรจุในถุงของ MTEC มีอายุปักแจกันหลังการเก็บรักษานานกว่าที่บรรจุในถุง PE ประมาณ 1 วัน และเมื่อเก็บรักษานานเกิน 8 วัน ดอกบัวหลวงทั้งที่บรรจุในถุง PE และ MTEC หมดยอายุการเก็บรักษาและไม่สามารถนำมาปักแจกันได้ (ตารางที่ 16)

### ปริมาณ total phenolics และกิจกรรมเอนไซม์ PAL และ PPO

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชบรรจุถุง PE และ MTEC มีปริมาณ total phenolics เพิ่มสูงสุดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และค่อย ๆ ลดลงจนสิ้นสุดการเก็บรักษา (ภาพที่ 47ค) ขณะที่กิจกรรมเอนไซม์ PAL ไม่แตกต่างกันระหว่างเก็บรักษานาน 2 4 และ 6 วัน โดยดอกบัวหลวงบรรจุในถุง PE เอนไซม์ PAL มีกิจกรรมค่อย ๆ เพิ่มขึ้นระหว่างเก็บรักษาและมีกิจกรรมสูงสุดในวันที่ 12 ส่วนดอกบัวหลวงที่บรรจุถุง MTEC กิจกรรมเอนไซม์ PAL ค่อย ๆ ลดลงและมีกิจกรรมต่ำสุดเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา (ภาพที่ 47ก) ในทางตรงข้ามพบว่าเอนไซม์ PPO มีกิจกรรมลดลงในดอกบัวหลวงทั้งที่บรรจุในถุง PE และ MTEC และมีกิจกรรมเอนไซม์ PPO ไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ยกเว้นวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 47ข)

ในดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชและสัตตบงกชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C เกิดอาการสะท้อนของดอก โดยกลีบดอกแสดงอาการสีน้ำตาลและพัฒนาเป็นสีดำในที่สุด การเกิดสีน้ำตาลในเนื้อเยื่อพืชส่วนใหญ่ เกี่ยวข้องกับสารประกอบฟีนอล โดย phenylalanine เป็นสารตั้งต้นของสารประกอบฟีนอลอื่น ๆ โดยการกระตุ้นปฏิกิริยาของเอนไซม์ PAL ได้เป็น cinnamic acid และจะถูกเปลี่ยนไปเป็น *p*-coumaric acid และสารประกอบฟีนอลชนิดอื่น ๆ ต่อไป และเอนไซม์ PPO จะกระตุ้นสารประกอบฟีนอลเหล่านี้ให้เป็น quinone และ quinone จะรวมเป็นโมเลกุลใหญ่เกิดเป็นสารสีน้ำตาลขึ้น (จริงแท้, 2538; Nicolas, 1994)

โดยปกติในพืช เอนไซม์ PPO จะอยู่ใน chloroplast หรือ plastid อื่น ๆ แยกต่างหากจากสารประกอบฟีนอล (Marques et al., 1995) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นและสะสมอยู่ใน vacuole เมื่อเซลล์

พืชถูกทำลาย เอนไซม์และสารตั้งต้นจึงมีโอกาสมัผัสกันและเกิดปฏิกิริยาได้สารสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Vaughn et al., 1988) และจำเป็นต้องมีออกซิเจนสำหรับการทำงานของเอนไซม์ PPO (Nicolas et al., 1994) และจากการวิจัยพบว่าดอกบัวหลวงที่บรรจุในถุง MTEC ไม่เจาะรู เกิดอาการสะท้านหนาวน้อยกว่าดอกบัวหลวงบรรจุในถุง PE เจาะรู อาจเพราะสภาพบรรยากาศในถุง MTEC มีก๊าซออกซิเจนลดลงและมีการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ทำให้เกิดสาร quinone น้อยลง และมีรายงานว่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงสามารถยับยั้งการเปลี่ยนสารประกอบฟีนอลไปเป็นสารสีน้ำตาลที่ทำให้เกิด russet spotting ในผักกาดหอมห่อได้ (Siriphanich and Kader, 1985) และการเก็บรักษาสาหร่าย 'Rocha' ในสภาพคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง 1.5% และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษาได้ (Morais et al., 2001)

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชบรรจุในถุง PE เจาะรู และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เกิดการร่วงไหลของประจุเพิ่มขึ้น และแสดงอาการกลีบดอกสีน้ำตาลมากขึ้น รวมทั้งพบว่ามีปริมาณ total phenolic เพิ่มขึ้นในวันที่ 4 และลดลงภายหลัง ขณะที่มิกิจกรรมเอนไซม์ PAL สูงขึ้น ซึ่งดอกบัวหลวงบรรจุในถุง PE เจาะรู มีปริมาณ total phenolics และกิจกรรมเอนไซม์ PAL สูงกว่าดอกบัวหลวงบรรจุในถุง MTEC ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเอนไซม์ PAL มีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล แม้ว่าดอกบัวหลวงบรรจุในถุง PE จะมีกิจกรรมเอนไซม์ PAL สูงขึ้น แต่ปริมาณ total phenolics ลดลง เพราะสารฟีนอลบางส่วนถูกเปลี่ยนไปเป็น quinone และเกิดเป็นสารสีน้ำตาลขึ้นสอดคล้องกับอาการสะท้านหนาว ในขณะที่ดอกบัวหลวงบรรจุในถุง MTEC มีกิจกรรมเอนไซม์ PAL ค่อนข้างคงที่ และลดลงเล็กน้อย จึงทำให้มีปริมาณ total phenolics ต่ำกว่า และเกิดอาการสะท้านหนาวน้อยกว่า ดอกบัวหลวงบรรจุในถุง PE เจาะรู เช่นเดียวกับกล้วยไข่ตกกระที่กล่าวว่าความรุนแรงของการตกกระขึ้นกับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกกล้วยไข่ (จิตรา, 2541; สุรัสวดี, 2546)

นอกจากนี้สารประกอบฟีนอล (total phenolics) ของดอกบัวหลวงบรรจุในถุง PE มีโอกาสมัผัสกับเอนไซม์ PPO มากกว่าดอกบัวหลวงบรรจุในถุง MTEC เพราะมีการร่วงไหลของประจุมากกว่า ซึ่งการร่วงไหลของประจุเป็นตัวบ่งชี้ว่าเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเสื่อมสภาพขึ้น จึงทำให้สารประกอบฟีนอลถูกปลดปล่อยออกจาก vacuole มาทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO กลายเป็นสารสีน้ำตาล และทำให้กลีบดอกบัวเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น (Macheix et al, 1990; สุรัสวดี, 2546) แต่เมื่อพิจารณาถึงกิจกรรมของเอนไซม์ PPO พบว่ามีกิจกรรมไม่แตกต่างกันระหว่างดอกบัวหลวงบรรจุในถุง PE และ MTEC และมีกิจกรรมลดลงระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นการเกิดอาการกลีบสีน้ำตาลของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จึงน่าจะขึ้นกับปริมาณสารประกอบฟีนอล กิจกรรมเอนไซม์ PAL และการสัมผัสกันระหว่างสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ PPO มากกว่าระดับของกิจกรรมเอนไซม์ PPO และถึงแม้ว่าเอนไซม์ PPO จะมีกิจกรรมลดลง แต่อาจจะเพียงพอสำหรับการเปลี่ยนสารประกอบฟีนอลให้เกิดเป็นสารสีน้ำตาลได้ในกลีบดอกบัวหลวง

**ตารางที่ 15** อายุการเก็บรักษาของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่บรรจุในถุงพลาสติก PE หรือ MTEC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C

| ถุงพลาสติก | อายุการเก็บรักษา (วัน) |
|------------|------------------------|
| ถุง PE     | 5.95 a                 |
| ถุง MTEC   | 7.55 b                 |
| t-test     | **                     |

\*\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

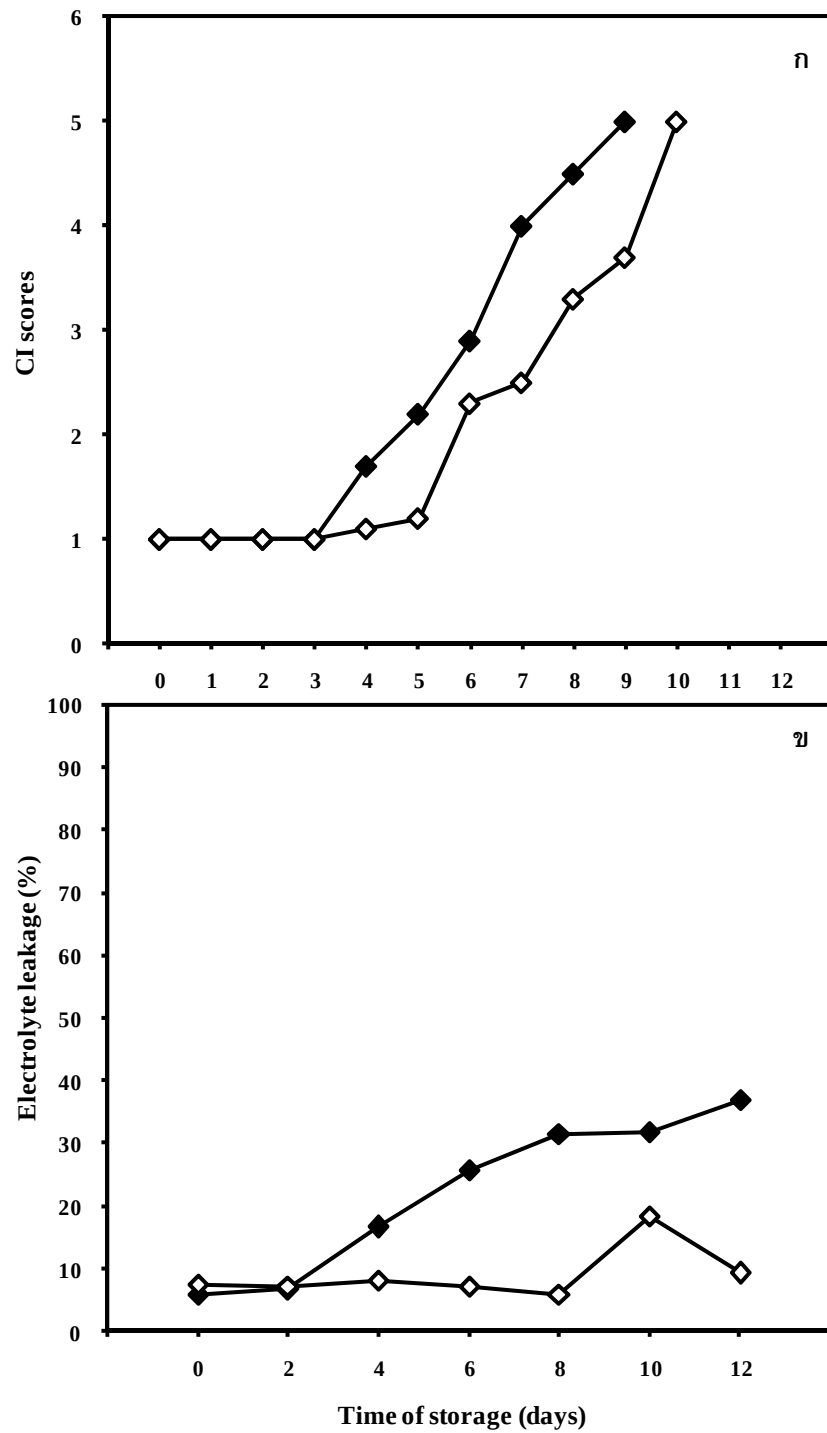
**ตารางที่ 16** อายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่บรรจุในถุงพลาสติก PE หรือ MTEC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C

| ถุงพลาสติก | อายุปักแจกัน (วัน) |      |      |      |      |       |       |
|------------|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|
|            | Day0               | Day2 | Day4 | Day6 | Day8 | Day10 | Day12 |
| ถุง PE     | 4.2                | 3.42 | 3.08 | 1.33 | 0.33 | -     | -     |
| ถุง MTEC   | 4.4                | 3.50 | 3.08 | 2.08 | 1.50 | -     | -     |
| t-test     | ns                 | ns   | ns   | *    | **   | -     | -     |

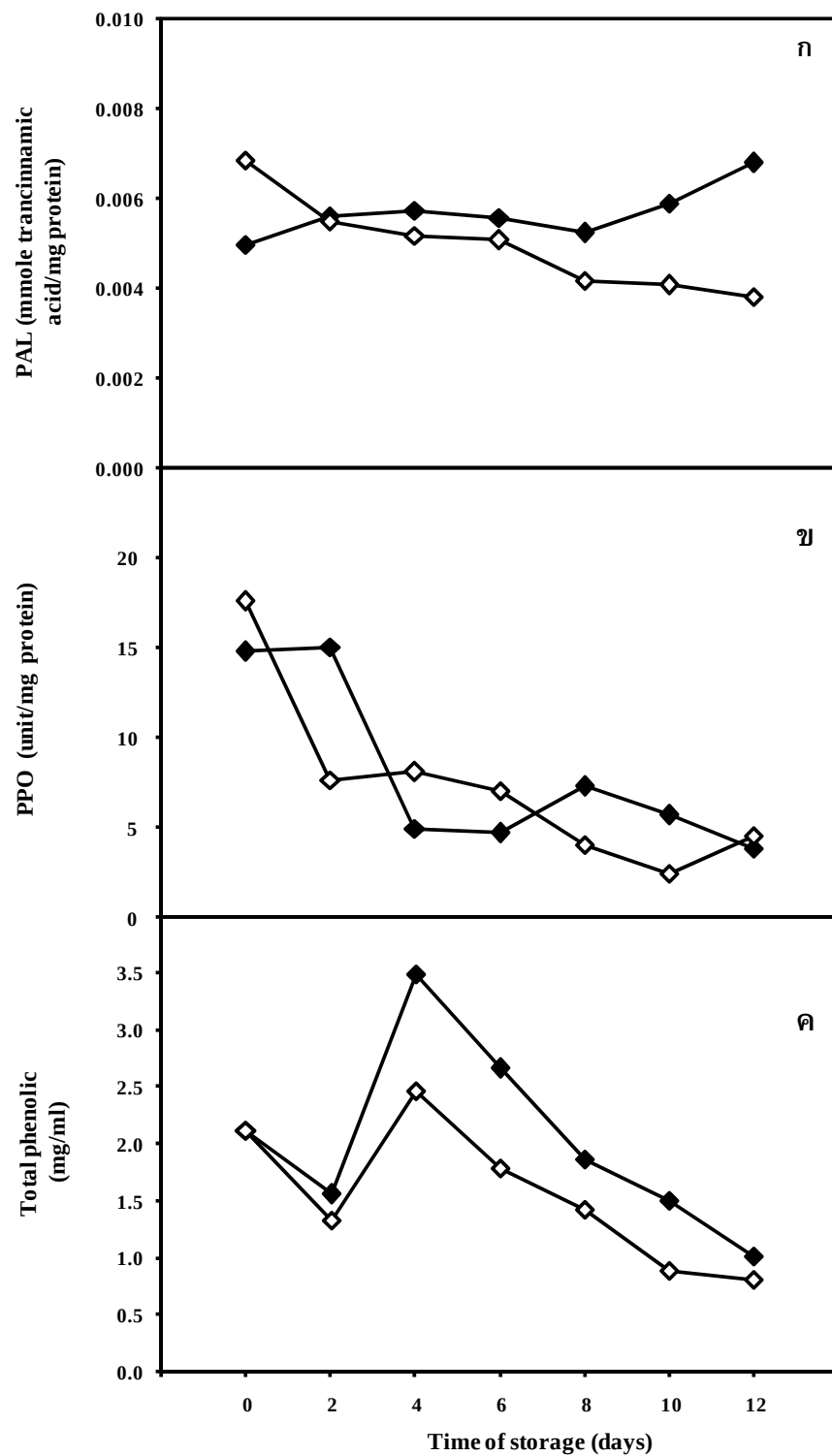
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

\*\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

- ไม่ได้นำดอกบัวหลวงมาปักแจกัน



ภาพที่ 46 คะแนนการเกิดอาการเส้าหนาว (ก) และการรั่วไหลของประจุ (ข) ของดอก บัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่บรรจุถุง PE (◆) หรือ MTEC (◇) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C



ภาพที่ 47 กิจกรรมเอนไซม์ PAL (ก) และเอนไซม์ PPO (ข) และปริมาณ total phenolic (ค) ของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชที่บรรจุถุง PE (◆) หรือ MTEC (◇) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### ความสัมพันธ์น้ำต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

- ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์และสัตตบงกชมีอัตราการคายน้ำมากกว่าการดูดน้ำ ทำให้มีสมดุลน้ำติดลบและลดลงระหว่างปักแจกัน
- การอุดต้นทอลำเลียงน้ำของดอกบัวหลวงไม่ได้มีสาเหตุจากน้ำยางบริเวณรอยตัด และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์
- การครอบดอกบัวหลวงด้วยถุงพลาสติก PP ทั้งที่เจาะรูและไม่เจาะรูลดการคายน้ำและเพิ่มสมดุลน้ำ จึงทำให้ชะลออาการกรีบดำและยืดอายุปักแจกันได้
- ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์สามารถทนการขาดน้ำได้ไม่เกิน 12 ชั่วโมง ขณะที่ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชขาดน้ำเกินกว่า 9 ชั่วโมง ทำให้ดอกบัวหลวงมีอายุปักแจกันสั้นลง

#### บทบาทของเอทิลีนต่อการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวง

- ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์มีอัตราการหายใจสูงและมีรูปแบบการหายใจเป็นแบบ climacteric และพบการผลิตเอทิลีนสูงสุดสองครั้งที่ 9-12 ชั่วโมง และ 18-21 ชั่วโมง
- ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์มีกิจกรรมเอนไซม์ ACS เพิ่มขึ้นหลังการตัดดอก ขณะที่เอนไซม์ ACO ไม่ได้มีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าเอนไซม์ ACS เป็นเอนไซม์หลัก (key enzyme) ในการสังเคราะห์เอทิลีนของดอกบัวหลวง
- เอทิลีนจากภายนอกเร่งให้ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์เกิดอาการกรีบดำเร็วขึ้น ขณะที่การรมสาร 1-MCP ชะลออาการกรีบดำได้ในช่วงแรกของการปักแจกัน
- เอทิลีนจากภายนอก (สารละลายเอทิลีน) กระตุ้นให้มีปริมาณ ACC กิจกรรมเอนไซม์ ACS และ ACO เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการผลิตเอทิลีน

#### การเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิต่ำ

- อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาดอกบัวหลวงอยู่ระหว่าง 10-15°C
- การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C ดอกบัวหลวงเกิดอาการสะท้านหนาว โดยกลีบดอกเกิดสีน้ำตาลอมเทาและพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น รวมทั้งมีอายุปักแจกันหลังการเก็บรักษาสั้นลงด้วย
- ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชอ่อนแอต่อการสะท้านหนาวมากกว่าดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์

- การบรรจุดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกชในถุงพลาสติกที่พัฒนาขึ้นโดย MTEC (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุศาสตร์แห่งชาติ) สามารถลดอาการสะท้อนหนาวและยืดอายุการเก็บรักษาดอกบัวหลวงที่อุณหภูมิ 5°C ได้นานประมาณ 8 วัน
- อาการกลีบสีน้ำตาลอมเทา (อาการสะท้อนหนาว) สอดคล้องกับการรั่วไหลของประจุปริมาณ total phenolics กิจกรรมเอนไซม์ PAL และการสัมผัสกันระหว่างสารประกอบฟีนอลกับเอนไซม์ PPO มากกว่าระดับของกิจกรรมเอนไซม์ PPO

#### ข้อเสนอแนะ

- การวิจัยในครั้งนี้อยังไม่ทราบแน่ชัดว่าการอุดตันท่อลำเลียงเกิดจากปัจจัยใด ควรทำวิจัยเพิ่มเติมเรื่องการอุดตันของท่อลำเลียงว่ามีสาเหตุจากการสร้างสารประกอบฟีนอลบริเวณรอยตัดหรือไม่ หรือมีฟองอากาศเข้าไปขัดขวางการดูดน้ำหรือไม่ เป็นต้น
- ดอกบัวหลวงระยะดอกตูมไม่สามารถพัฒนาเป็นดอกบานได้ และเกิดอาการกลีบดำ อาจเนื่องจากความเครียดทางสรีรวิทยา ซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการขาดน้ำ และขาดแหล่งพลังงาน เช่น การเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตในกลีบดอก และชนิดน้ำตาลต่อคุณภาพของดอกบัวหลวง เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

- กนกพร บุญญะอดิชาติ. 2541. การศึกษาแนวทางยืดอายุปักแจกันและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการหลังการเก็บเกี่ยวช่อดอกปทุมมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กิตติพงษ์ ตรีตรุยานนท์. 2529. ผลของโซเดียมเบนโซเอท 8-ไฮดรอกซีควิโนลีนซัลเฟต ซูโครส และ กลูโคสที่มีผลต่ออายุการปักแจกันของดอกกุหลาบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณินิจ พิษฐานนท์. 2544. การทดลองหาวิธีการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบงกช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- จรัสแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 396 น.
- จิตรา ตระกูลนำเลื่อมใส. 2541. ผลของอุณหภูมิต่อการตกกระของผลกล้วยไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จินตนา ไทยลิมทอง และลาวัลย์ สุชนมนตร์. 2536. การใช้ซิลเวอร์โซโอสัลเฟต ก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงพันธุ์บุณฑริก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สาขาวิชาพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- บุญเกื้อ หาราชชัย. 2537. การเปรียบเทียบสูตรสารละลายปักแจกันเพื่อยืดอายุการใช้งานดอกบัว. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ผานันท์ กัดภาชี และ สุรารัตน์ ประภารัตน์. 2540. การใช้เทคนิคพิเศษลดน้ำยางที่ก้านดอกบัวหลวงพันธุ์บุณฑริก (*Nelumbo nucifera* Gaerth.). ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สาขาวิชาพืชสวน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- เพชรรัตน์ เนตรลักษณ์. 2550. การลดน้ำยางและลดการคายน้ำของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- มะลิวัลย์ พรหมดำ. 2552. ผลของสารละลายบรรจุเปียกต่อคุณภาพของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์เอียสกุล. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- สายชล เกตุษา. 2531. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของดอกไม้. บริษัทสารมวลชน จำกัด, กรุงเทพฯ. 291 น.

สุรัสวดี พรหมอยู่. 2546. ผลของการใช้สารเคลือบผิวที่มีต่อการตกกระและคุณภาพของกล้วยไข่สุก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abdel-Kader, H.H., A.A. Hussein and K.M.H. El-Hindi. 2004. Postharvest studies on the flowers of dahlia (*Dahlia hybrida* L.): II: Effect of preventing latex flower, pulsing, and holding solutions on vase life and quality. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 29(6): 3409 – 3423.

Abeles, F.B., P.W. Morgan, M.E. Saltveit. 1992. Ethylene in Plant Biology, 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, New York, NY.

Bradford, M.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.

Cameron, A.C. and M.S. Reid. 2001. 1-MCP blocks ethylene-induced petal abscission of *Pelargonium peltatum* but the effect is transient. Postharvest Biol. Technol. 22: 169-177.

Campos, P.S., V. Quartin, J.C. Ramalho and M.A. Nunes. 2003. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffee* sp. Plant. Plant Physiol. 160(3): 283-292.

Fukumoto, L.R., P.M. Toivonen and P.J. Delaquis. 2002. Effects of water temperature and chlorination on phenolic metabolism and browning of stored Iceberg lettuce photosynthetic and vascular tissues. J. Agric. Food Chem. 50(16): 4503-4511.

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

Hoffman, N.E. and S.F. Yang. 1982. Enhancement of wound induced ethylene synthesis by ethylene in preclimacteric cantaloupe. Plant Physiol. 69: 317-322.

Hojjati, Y., A. Khalighi and A.R. Farokhzad. 2007. Chemical treatments of *Eustoma* cut flower cultivars for enhanced vase life. J. Agri. Soc. Sci.. 3(3): 75-78.

Ichimura, K., Y. Kawabata, M. Kishimoto, R. Goto and K. Yamada. 2002. Variation with the cultivar in the vase life of cut rose flowers. Bull. Natl. Inst. Flor. Sci. 2: 9-20.

Kato, M. and H. Hyodo. 1999. Purification and characterization of ACC oxidase and increase in its activity during ripening of pear fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68(3): 551-557.

- Ke, D. and M.E. Salveit. 1986. Effect of calcium and auxin on russet spotting and phenylalanine ammonia lyase activity in iceberg lettuce. *HortSci.* 21(5): 1169 -1171.
- Macheix, J.J., A. Fleuriet and J. Billot. 1990. *Fruit Phenolics*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Fla. 378 p.
- Marously, F.J. 1972. Water relation, effect of floral preservatives on bud opening and keeping quality of cut flowers. *HortSci.* 7: 114-116.
- Marques, L., A. Fleuriet and J.J. Macheix. 1995. Fruit polyphenol oxidase : New data on old problem, pp. 90-102. *In* C.Y. Lee and J.R. Whitaker, eds. *Enzymatic Browning and its Prevention*. American Chemical Society. Washington, D.C.
- Mastalers, J.W. 1963. Theeffect 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.
- Morais, A.M.M.B., M.L. Avekar and A.C. Rodrigues. 2001. Influence of delayed CA storage on ascorbic acid content and brown-heart incidence in 'Rocha' pear. *Acta Hortic.* 553: 647-648.
- Mujaffar, S. and C.K. Sankat. 2003. Effect of waxing on the water balance and keeping qualities of cut anthuriums. *Int. Agrophysics.* 17: 77-84.
- Nell, T.A. and M.S. Reid. 2000. *Flower& Plant Care*. The 21<sup>st</sup> century approach.
- Nicolas, J.J. 1994. Enzymatic browning reactions in apple and apple productd. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 34(2): 109-157.
- Nowak, J. and R.M. Rudnicki. 1995. *Postharvest Handling and Storage of Cut Flowers, Florist Greens, and Potted Plants*. Timber Press, Inc., Oregon. 210 p.
- Rogers, M.N. 1973. An historical review of postharvest physiology research on cut flowers. *HortSci.* 8: 189-194.
- Singleton, V.L. and J.A. Rossi, Jr. 1965. Colorimetry of total phenolics with phospho-molybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16(3): 144-157.
- Siriphanich, J. and A.A. Kader. 1985. Effect of CO<sub>2</sub> on total phenolics, phenylalanine ammonia lyase and polyphenol oxidase in lettuce tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110(2): 249-253.
- Slocum, P.D., P. Robinson and F. Perry. 1996. *Water Gardening: water lilies and lotuses*. Portland, Timber Press. 322 p.

- Uorasa, B. and S. Thanoumnuan. 2005. A study on potential market of lotus flowers. *Agricultural Sci. J.* 36, 5-6(Suppl): 864-866.
- van Doorn, W.G. 1997. Water relation of cut flowers. *Horticultural Reviews.* 18: 1-85.
- van Doorn, W.G. 1999. Vascular occlusion in cut flowers. I.General principle and recent advances. *Acta Hort.* 482: 59-63.
- van Doorn, W.G. and N. Vaslier. 2002. Wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers: roles of peroxidase and cathechol oxidase. *Postharvest Biol. Technol.* 26: 275-284
- Vaughn, K.C., A.R. Lax and S.O. Duke. 1988. Polyphenol oxidase: the chloroplast oxidase with no established function. *Physiol. Plant.* 72: 659-665.
- Veen, H. 1979. Effects of silver on ethylene synthesis and action in cut carnations. *Planta* 145: 467-470.