ผลของกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์

Effects of Gibberellic Acid (GA_3) on Quality and Sugar Change of Lotus Flower (*Nelumbo nucifera* Gaerth. cv. Sattrabutra)

เพชรรัตน์ เนตรลักษณ์[1/] และ วชิรญา อิ่มสบาย[1/]

Petcharat Netlak[1/] and Wachiraya Imsabai[1/]

Abstract: After harvest, lotus flower shows premature senescence with a short vase life, petal blackening, fading and wilting. We assumed that lotus flower may be deficient in food accumulation after harvest and it has been reported that gibberellic acid (GA_3) extended the vase life of the lotus flower. Therefore, we studied the effect of GA_3 on petal blackening, vase life and sugar change in lotus flower. The results found that the lotus flower (bud stage) holding in 50 mg/L of GA_3 solutions delayed petal blackening and fading, increased water uptake and delayed of decrease in fresh weight change. GA_3 extended the vase life of lotus flower for 0.8-1.4 days. Furthermore, GA_3 increased the stem elongation near the basal of flower approximately 5.5 cm. Lotus flower holding in GA_3 solutions had the level of glucose and fructose accumulation lower than those holding in distilled water. It is indicated that GA_3 promote lotus flower to use sugar in lotus petal.

Keywords: Petal blackening, sugars, GA_3

[1/] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[1/] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

บทคัดย่อ: ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์เกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยดอกบัวหลวงแสดงอาการกลีบดำและสีซีดจางและมีอายุการปักแจกันสั้น ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากอาหารสะสมภายในดอกไม่เพียงพอหรือไม่สามารถนำไปใช้ได้และมีรายงานว่ากรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ยืดอายุปักแจกันได้ จึงได้ศึกษาผลของ GA_3 ต่ออาการกลีบดำ อายุการปักแจกันและการเปลี่ยนน้ำตาลในบัวหลวงตัดดอก พบว่าการปักแจกันดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์ระยะดอกตูมในสารละลาย giberellic acid (GA_3) 50 mg/L ชะลออาการกลีบดำและสีซีดจางได้ เพิ่มอัตราการดูดน้ำและชะลอการลดลงของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด โดย GA_3 สามารถยืดอายุการปักแจกันดอกบัวหลวงได้นานกว่าการปักแจกันในน้ำกลั่น 0.8–1.4 วัน และ GA_3 ทำให้ก้านดอกบริเวณคอดอกยืดยาวขึ้นเฉลี่ย 5.5 เซนติเมตร ส่วนการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลของดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 ตรวจพบปริมาณน้ำตาล glucose และ fructose สะสมน้อยกว่าการปักแจกันในน้ำกลั่น บ่งชี้ว่า GA_3 ส่งเสริมให้ดอกบัวหลวงใช้น้ำตาลที่สะสมในกลีบดอกได้

คำสำคัญ: อาการกลีบดำ น้ำตาล GA_3

คำนำ

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์เป็นไม้ตัดดอกที่ตลาดมีความต้องการสม่ำเสมอและในปริมาณที่มาก หลังการเก็บเกี่ยวปัญหาเรื่องคุณภาพของดอกเป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากดอกบัวหลวงเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว โดยแสดงอาการกลีบดำและสีซีดจาง ทำให้มีอายุการปักแจกันสั้น ลดคุณค่าทั้งการซื้อและการขาย รวมทั้งยังเป็นข้อจำกัดในการขยายโอกาสสำหรับการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ (ช.ณิฏฐ์ศิริ, 2545) สาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากดอกบัวหลวงเมื่อตัดจากต้นแม่แล้วจะถูกตัดจากแหล่งน้ำและอาหารรวมทั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ดอกไม้ที่ตัดออกจากต้นแล้วยังมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างเช่นเดียวกันกับขณะที่ยังอยู่บนต้นเดิม เช่น การหายใจ การสร้างเอทิลีน การคายน้ำ และการเปลี่ยนสีของกลีบดอก และจะถูกเร่งให้หมดอายุการใช้งานเร็วขึ้น (สายชล, 2531) ซึ่งเอทิลีนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเร่งการเสื่อมสภาพของดอกไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว มีการศึกษาบทบาทของเอทิลีนกับการเสื่อมสภาพของดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์พบว่าเอทิลีนมีบทบาทในการเร่งให้ดอกบัวหลวงเสื่อมสภาพเร็วขึ้นและเมื่อมีการให้สารยับยั้งการทำงานของเอทิลีน (1-methylcyclopropene) ทำให้ดอกบัวหลวงเกิดอาการกลีบดำน้อยและช้ากว่าดอกบัวหลวงที่ไม่รม 1-MCP ในช่วง 2 วันแรก แต่หลังจากนั้นอาการกลีบดำสามารถพัฒนาได้ตามปกติ (Imsabai *et al.,* 2010) จากผลดังกล่าวทำให้คาดว่าปัจจัยเรื่องการขาดอาหารสะสมภายในดอกหรืออาหารสะสมไม่เพียงพอหรือไม่สามารถนำอาหารสะสมไปใช้ได้ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ดอกบัวหลวงเสื่อมสภาพ

มีรายงานในดอกแกลดิโอลัสพบว่าฟรุกโตสเป็นน้ำตาลหลักที่ใช้ในการพัฒนาจากดอกตูมเป็นดอกบานและมีการเคลื่อนย้ายของคาร์โบไฮเดรตจากดอกที่เหี่ยวด้านล่างมายังดอกตูมที่กำลังพัฒนา (Waithaka *et al*., 2001) การให้น้ำตาลในรูปสารละลายน้ำตาลสามารถยืดอายุการปักแจกันของดอกกล้วยไม้สกุลหวายได้ (รัชนี, 2550) แต่ในดอกบัวหลวงการให้น้ำตาลจากภายนอกในรูปสารละลายซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส มีบทบาทในการชะลออาการกลีบดำได้เล็กน้อยและมีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างจากการปักแจกันในน้ำกลั่นหรือในบางครั้งกลับทำให้อายุการปักแจกันสั้นลง ซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับคุณภาพและฤดูกาลของดอก (เพชรรัตน์, 2554)

นอกจากนี้มีการนำสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มจิบเบอเรลลินหรือกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) มาใช้ โดยสารกลุ่มนี้ไม่มีผลโดยตรงต่ออายุการปักแจกันของดอกไม้ (Nowak and Rudnicki, 1990) แต่ GA_3 สามารถช่วยป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในใบของดอกอัลสโตรมีเลีย (*Alstroemoria pelegrina*) (Van Doorn *et al*., 1992) และอาจช่วยลดอาการกลีบดำได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของเจษฎาพร (2554) ที่พบว่าการปักแจกันดอกบัวหลวงในสารละลาย GA_3 สามารถชะลออาการกลีบดำและสีซีดจางได้และยังส่งเสริมการดูดน้ำอีกด้วย

นอกจากนี้ GA_3 ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตภายใน โดยพบว่าสามารถกระตุ้นให้เมล็ดงอกได้ โดยไปมีผลเร่งปฏิกิริยา hydrolysis ทำให้มีการเปลี่ยนแป้งที่สะสมภายในเมล็ดเป็นน้ำตาล ทำให้มีค่า water potential ในเซลล์ต่ำ จึงทำให้น้ำเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในเซลล์เพิ่มขึ้น (Taiz and Zeiger, 1991; Salisbury and Ross, 1992) ดอกไม้จึงสามารถดูดน้ำได้เพิ่มขึ้น จากที่กล่าวมาข้างต้นคาดว่าสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดอกบัวหลวงเสื่อมสภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวอาจเกี่ยวข้องกับอาหารสะสมภายในดอกบัวหลวง ซึ่งสารละลาย GA_3 ที่นำมาใช้กับดอกบัวหลวงอาจจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตภายในกลีบดอก ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ GA_3 ต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตของดอกบัวหลวงตัดดอก

อุปกรณ์และวิธีการ

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตบุษย์ที่ใช้ในการทดลองนำมาจากสวนบัวที่ผลิตเป็นการค้าใน อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี เลือกใช้ดอกตูมในระยะที่ 3 (Stage 3) เป็นระยะที่ตัดขายเป็นการค้ามากที่สุด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 6-6.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 1) เข้ากำตามวิธีการของชาวสวน บรรจุแบบแห้งแล้วขนส่งโดยรถยนต์ปรับอากาศมายังห้องปฏิบัติการทดลองใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นคัดเลือกดอกที่มีคุณภาพดี มีความสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิหรือรอยขีดข่วน แล้วนำมาตัดก้านด้วยมีดคมทำมุมเฉียง 45 องศา ให้มีความยาว 25 เซนติเมตรจากคอดอก แล้วนำดอกบัวหลวงที่คัดเลือกแล้วไปทำการทดลอง โดยปักแจกันในสารละลาย giberellic acid (GA_3) ความเข้มข้น 50 mg/L เปรียบเทียบกับการปักแจกันในน้ำกลั่น (distilled water) จนกระทั่งหมดอายุการปักแจกัน วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$) ทำการทดลองทั้งหมด 8 ซ้ำ ๆ ละ 1 ดอก บันทึกผลการทดลองดังนี้

การบันทึกผลการทดลอง

1. อาการกลีบดำ โดยบันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดอาการกลีบดำ (%petal blackening) ตั้งแต่ 0-100 เปอร์เซ็นต์ (โดยสังเกตด้วยตาเปล่า) (ภาพที่ 2)

2. อายุการปักแจกัน (vase life) โดยกำหนดให้ดอกบัวหลวงหมดอายุการปักแจกัน เมื่อกลีบดอกบัวเกิดสีดำมากกว่าหรือเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่กลีบดอกบัวทั้งหมด (ภาพที่ 2)

3. การดูดน้ำ (water uptake)

บันทึกการดูดน้ำในแต่ละวัน โดยวัดปริมาตรน้ำในหลอดทดลองที่ลดลงไปแล้วนำไปคำนวณ การดูดน้ำในแต่ละวันจากผลต่างของปริมาตรน้ำ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร/ดอก/วัน

S1 S2 S3 S4

Figure 1 The commercial stages (S1-S4) of the lotus flower

0% 10% 25% 50% 80% 100%

Figure 2 The percentage of petal blackening in the lotus cut flower

4. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (fresh weight change)

บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดได้ดังนี้

$$\%\ \text{การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด} = \frac{\text{น้ำหนักของดอกบัวในแต่ละวัน}}{\text{น้ำหนักของดอกบัวเริ่มต้น}} \times 100$$

5. ความยาวก้านที่เพิ่มขึ้น (stem length) โดยวัดจากคอดอกถึงปลายก้าน มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

6. การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาล ดัดแปลงวิธีการของ Reyes (1982) และรัชนี (2550) ดังนี้

ชั่งกลีบดอกบัวหลวงชั้นในที่มีสีขาว 1 กรัม นำชิ้นส่วนมาบดละเอียดในไนโตรเจนเหลวด้วยโกร่งที่แช่เย็น จัดให้ละเอียดสกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำมากรองด้วยผ้ากรองที่มีความหนา 4 ชั้น แล้วนำส่วนใสที่ได้กรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร จากนั้นส่วนใสที่ได้นำไประเหยจนแห้ง ด้วยเครื่อง freeze dryer แล้วละลายตัวอย่างที่แห้งด้วยน้ำ double deionized water ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.22 ไมโครเมตร อีกครั้ง แล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลด้วยเครื่อง high performance liquid chromatograph (HPLC) ใช้คอลัมน์สำหรับแยกน้ำตาลชนิด Sugar Pak I โดยมีส่วนของ water guard-pak เป็นตัวกรองสารก่อนเข้าสู่คอลัมน์ (column) การฉีดสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ใช้เครื่องฉีดตัวอย่างอัตโนมัติ (autosample) ฉีดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร ตรวจวัดสารตัวอย่างโดยใช้เครื่องตรวจวัด (detector) ชนิด reflective index รุ่น RID-10A ซึ่งมีระบบควบคุมการทำงานของเครื่องและบันทึกผลโดยโปรแกรม Shimadzu Class VP มี calcium ethylenediamine tetraacetate (CaEDTA) 50 มก/ลิตร เป็นเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) อัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส คำนวณหาปริมาณน้ำตาล sucrose glucose fructose โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน ได้แก่ sucrose ความเข้มข้น 0.00-0.01 เปอร์เซ็นต์ D-glucose ความเข้มข้น 0.00-0.01 เปอร์เซ็นต์ และ D-fructose ความเข้มข้น 0.00-0.01 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของบัวหลวงตัดดอกที่ปักแจกันในสารละลาย giberellic acid (GA_3) ความเข้มข้น 50 mg/L เปรียบเทียบกับการปักแจกันในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) พบว่า ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 สามารถชะลออาการกลีบดำและสีซีดจางได้ โดยดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่นจะเกิดอาการกลีบดำมากกว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 และมีการพัฒนาอาการกลีบดำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 อาการกลีบดำพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ (ภาพที่ 3A) ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดลดลงช้ากว่าการปักแจกันในน้ำกลั่น (ภาพที่ 3B) สอดคล้องกับอัตราการดูดน้ำ ที่พบว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 มีอัตราการดูดน้ำมากกว่าการปักแจกันในน้ำกลั่นตลอดอายุการปักแจกัน (ภาพที่ 3C) และพบว่าก้านดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 เกิดการยืดยาวขึ้น โดยเกิดการยืดยาวที่บริเวณคอดอกทำให้ก้านดอกมีความยาวเพิ่มขึ้นจาก 25 เซนติเมตร เป็น 30.5 เซนติเมตร (วัดความยาวก้านในวันเริ่มต้นและวันที่ดอกเสื่อมสภาพ) (ตารางที่ 1) ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 มีอายุการปักแจกันเฉลี่ย 4.0-5.6 วัน ขณะที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีอายุการปักแจกันเฉลี่ย 3.6-4.8 วัน ขึ้นกับฤดูกาลที่ทำการทดลอง (ตารางที่ 2)

2. การเปลี่ยนแปลงน้ำตาล

ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีปริมาณน้ำตาล sucrose สะสมสูงในวันเริ่มต้นหลังตัดออกจากต้นและเพิ่มขึ้นในวันที่ 1 หลังจากนั้นมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งดอกบัวหลวงเสื่อมสภาพ สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาล glucose และ fructose ที่สะสมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังตัดออกจากต้นในวันที่ 0 ถึงวันที่ 2 และ

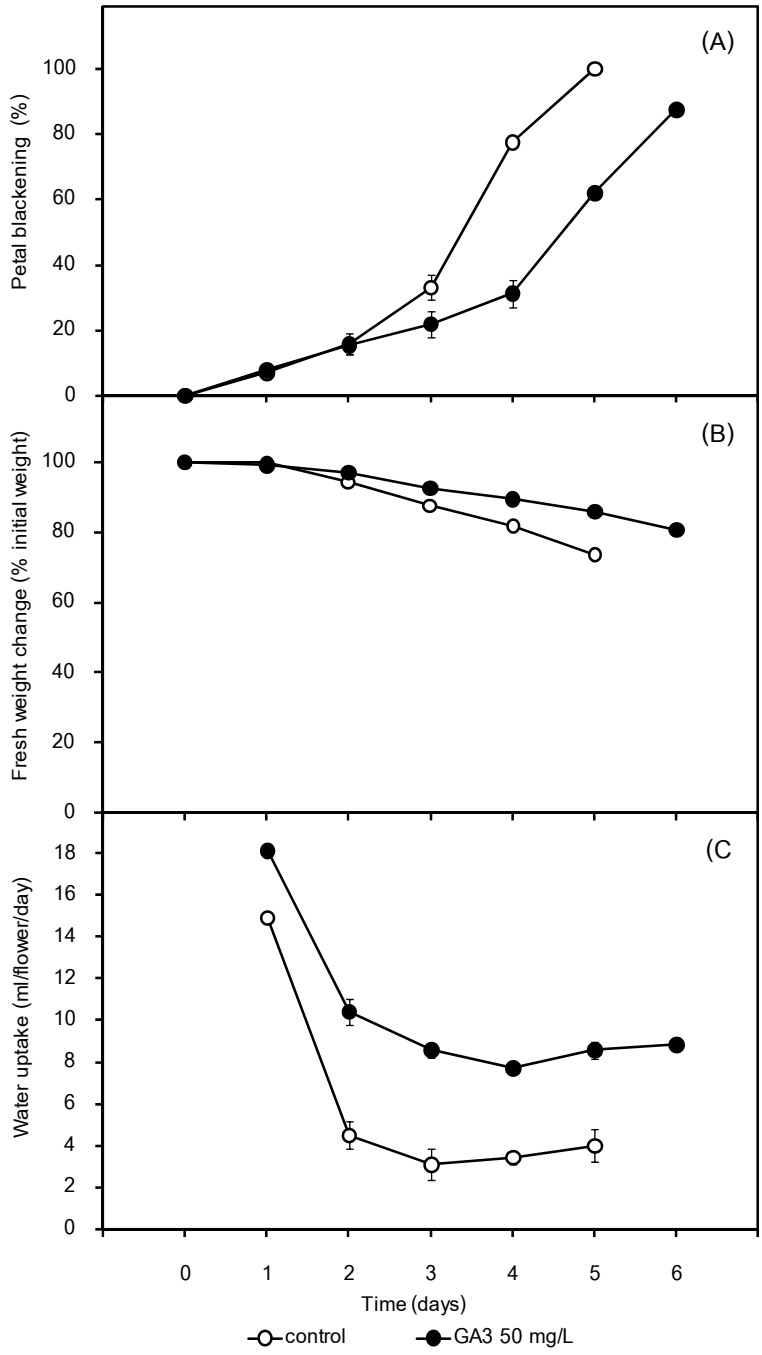

Figure 3 The percentage of petal blackening (A) fresh weight change (B) and water uptake (C) of lotus flowers held in 50 mg/L of gibberellic acid (GA_3) compared to those held in distilled water (control)

สะสมเพิ่มสูงขึ้นเด่นชัดในวันที่ 3 แล้วลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งดอกบัวหลวงเสื่อมสภาพ โดยพบการสะสมของน้ำตาล fructose มากกว่าน้ำตาล glucose (ภาพที่ 4A) ส่วนดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 มีรูปแบบการเปลี่ยนน้ำตาล sucrose ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ขณะที่พบการสะสมของปริมาณน้ำตาล glucose และ fructose น้อยกว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่น (ภาพที่ 4B)

Table 1 The stem length of lotus flowers held in gibberellic acid (GA_3) compared to those held in distilled water

Treatment	The stem length (cm)[1/]
Distilled water (control)	25.0
Gibberellic acid (GA_3) 50 mg/L	30.5
T-test	**

[1/] Data are means of 8 replicate flowers

Table 2 The vase life of lotus cut flowers held in gibberellic acid (GA_3) compared to those held in distilled water

Repeat Times	Vase life (days)[1/]		*T*-test
	Distilled water	GA_3	
1st (March, 2010)	3.6	5.0	*
2nd (May, 2010)	4.8	4.8	ns
3rd (September, 2010)	3.8	4.0	ns
4th (November, 2010)	4.2	5.0	*
5th (December, 2010)	4.3	5.6	*
6th (March, 2011)	4.0	4.0	ns
7th (November, 2011)	3.9	5.0	**

[1/] Data are means of 8 replicate flowers

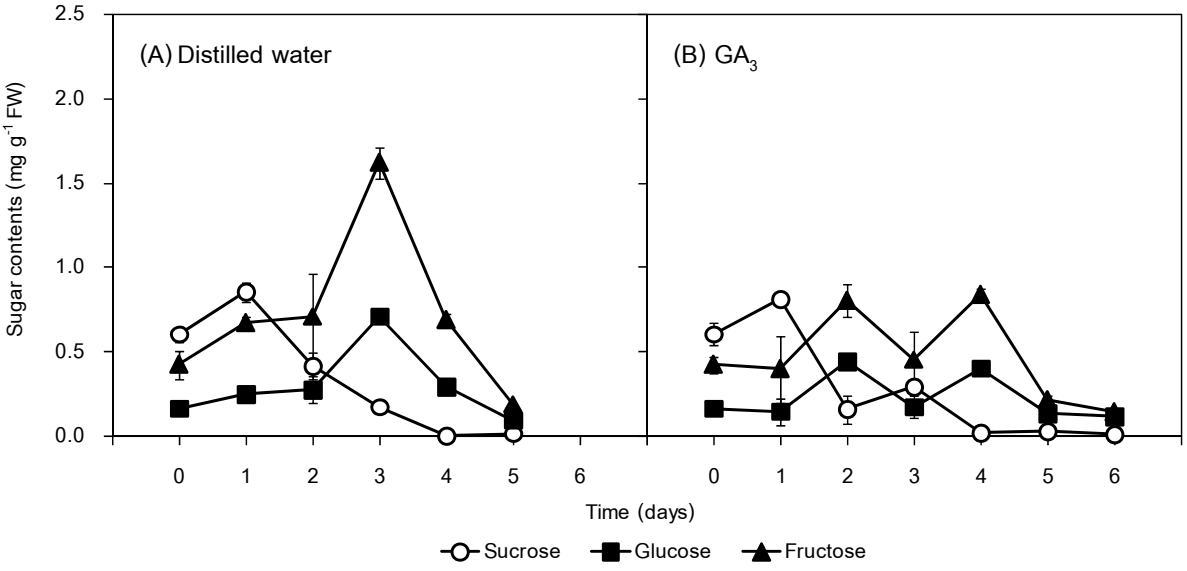

Figure 4 Sugar contents of lotus flowers held in gibberellic acid (GA_3) compared to those held in distilled water (control)

วิจารณ์

ดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์เป็นบัวหลวงตัดดอกที่มีกลีบชั้นนอกเป็นสีเขียวส่วนกลีบชั้นในมีสีขาว เมื่อดอกเริ่มเสื่อมสภาพจะเกิดเป็นจุดสีดำและลามไปทั่วทั้งกลีบดอกชั้นนอก ส่วนกลีบดอกชั้นในจะเป็นสีน้ำตาลในช่วงวันแรกก่อนเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อเสื่อมสภาพ ซึ่งการปักแจกันดอกบัวหลวงในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 50 mg/L เปรียบเทียบกับการปักแจกันในน้ำกลั่นพบว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 สามารถชะลออาการกลีบดำและสีซีดจางได้ และดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่นจะเกิดอาการกลีบดำมากกว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 ซึ่งพบอาการกลีบดำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย GA_3 (ภาพที่ 3A) การชะลออาการกลีบดำและการซีดจางของดอกบัวหลวงน่าจะมาจาก GA_3 ที่ช่วยชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับรายงานในดอกอัลสโตรมีเลีย (*Alstroemoria pelegrina*) ที่ GA_3 สามารถช่วยป้องกันการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในใบอัลสโตรมีเลีย ได้ (van Doorn *et al*., 1992)

ส่วนการดูดน้ำของดอกบัวหลวงพบว่า ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 มีการดูดน้ำลดลงช้ากว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่นตลอดอายุการปักแจกัน (ภาพที่ 3C) รวมทั้งยังพบว่าก้านดอกบัวหลวงเกิดการยืดยาวเพิ่มขึ้นบริเวณคอดอกจาก 25 เซนติเมตร เป็น 30.5 เซนติเมตร (ตารางที่ 1) ซึ่งก้านคอดอกมีการยืดยาวเพิ่มขึ้นหลังการปักแจกันและยืดยาวเพิ่มขึ้นทุกวันจนกระทั่งดอกเสื่อมสภาพ การที่ดอกบัวหลวงมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อปักแจกันในสารละลาย GA_3 อาจเป็นผลมาจาก GA_3 โดยทำให้มีการละลายของน้ำตาล (soluble sugar) เพิ่มขึ้นโดยพบว่า GA_3 สามารถกระตุ้นให้เมล็ดงอกได้ โดยมีผลไปเร่งปฏิกิริยา hydrolysis ทำให้มีการเปลี่ยนแป้งที่สะสมภายในเป็นน้ำตาลและทำให้ค่า water potential ในเซลล์ต่ำลงจึงทำให้น้ำเข้าสู่ภายในเซลล์เพิ่มขึ้น เซลล์จึงเกิดการยืดตัวเนื่องจากแรงดันเต่ง (turgor pressure) (Taiz and Zeiger, 1991; Salisbury and Ross, 1992) นอกจากนี้การที่ GA_3 ทำให้ก้านดอกยืดยาวส่งผลให้เป็นการเพิ่มแหล่งรับ (sink) เมื่อเซลล์มีการแบ่งตัว เช่น การแตกของใบอ่อนที่กำลังพัฒนาซึ่งเป็น sink ที่แรง ทำให้มีการดึงน้ำเข้าสู่เซลล์ โดย GA_3 มีบทบาทในการส่งเสริมการแบ่งเซลล์ (cell division) และการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) โดยมีผลทำให้เกิดการแบ่งเซลล์ในส่วนของปลายยอดอ่อน (shoot apex) และทำให้ลำต้น (stem) เกิดการยืดตัว (Taiz and Zeiger, 1991; Salisbury and Ross, 1992) จากผลของ GA_3 ดังกล่าวจึงทำให้เนื้อเยื่อเจริญบริเวณก้านคอดอกมีการขยายขนาดของเซลล์และเกิดการยืดยาวขึ้นในขณะที่ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่นไม่พบการยืดยาวของก้านดอก ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ sink ในดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 จึงทำให้ดอกบัวหลวงมีการดูดน้ำ (อาหาร) ไปเลี้ยงเซลล์ที่มีการสร้างขึ้นมาใหม่ด้วย เมื่อมีการดูดน้ำได้ดีจึงทำให้ดอกบัวหลวงมีน้ำหนักสดลดลงช้ากว่า (ภาพที่ 3B) และมีอายุการปักแจกันนานกว่าการปักแจกันในน้ำกลั่น จากการทดลองซ้ำทั้ง 7 ครั้งพบว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 มีอายุการปักแจกันนานกว่าการปักแจกันในน้ำกลั่น 4 ครั้ง (ตารางที่ 2) โดยพบว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 ทั้ง 4 ครั้งที่ทำการทดลองซ้ำมีการดูดน้ำมากกว่าการปักแจกันในน้ำกลั่น (อัตราการดูดน้ำที่แสดงในภาพที่ 3C จากการทดลองซ้ำครั้งที่ 1)

ดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่นและสารละลาย GA_3 มีปริมาณน้ำตาล sucrose สูงในวันที่ 0 และ 1 แล้วมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อหมดอายุการปักแจกัน อาจเป็นไปได้ว่า ในวันเริ่มต้นการทดลองดอกบัวหลวงได้รับน้ำตาล sucrose ที่ส่งมาจากต้นบัวหลวงและเพิ่มขึ้นในวันที่ 1 ซึ่งอาจได้มาจากส่วนของก้านดอกบัวหลวง แต่หลังจากนั้นมีปริมาณลดลงเนื่องจากดอกไม้มีการเปลี่ยน sucrose ไปเป็น glucose และ fructose โดยกิจกรรมของเอนไซม์ invertase (Hawker *et al*., 1976) สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาล glucose และ fructose ที่เพิ่มสูงขึ้น พบว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่นมีปริมาณน้ำตาล glucose และ fructose สะสมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 1 และ วันที่ 2 และมีปริมาณน้ำตาลสะสมสูงสุดในวันที่ 3 หลังจากนั้นมีปริมาณลดลง ในวันที่ 1 และ 2 ที่พบปริมาณน้ำตาล glucose และ fructose มี

ปริมาณน้อย แสดงว่าดอกบัวหลวงอาจนำน้ำตาลไปใช้ได้สำหรับการหายใจเพื่อการดำรงชีวิติ แต่ในช่วงวันที่ 3 มีน้ำตาลสะสมอยู่ปริมาณมาก อาจเนื่องจากดอกบัวหลวงไม่สามารถนำน้ำตาลไปใช้ได้หรือนำไปใช้ได้เพียงบางส่วน จึงทำให้เกิดการสะสมขึ้นซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกับการปรากฏการเสื่อมสภาพและเกิดอาการกลีบดำ (ภาพที่ 3A)

งานวิจัยของ Figueroa *et al.* (2005) ที่ศึกษาในดอกกุหลาบพันธุ์ 'Bettina' ที่มีอายุการปักแจกันสั้น พบว่าปริมาณน้ำตาลในกลีบดอกมีปริมาณน้ำตาล reducing sugar (glucose และ fructose) ลดลงหลังการปักแจกันและพบอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นพร้อมกับเกิดการเสื่อมสภาพของดอก แสดงว่าดอกไม้มีการนำน้ำตาล reducing sugar ไปใช้เพื่อการหายใจ รวมทั้งพบว่าดอกกุหลาบนำน้ำตาล reducing sugar ไปใช้อย่างรวดเร็วจึงทำให้น้ำตาลที่สะสมภายในดอกกุหลาบไม่เพียงพอสำหรับการหายใจ จึงทำให้ดอกกุหลาบพันธุ์ 'Bettina' เสื่อมสภาพเร็วและมีอายุปักแจกันสั้น ส่วนกรณีของดอกบัวหลวงที่มีอายุการปักแจกันสั้นคาดว่าจะเกิดจากการที่ดอกบัวหลวงนำน้ำตาลที่มีอยู่ภายในดอกไปใช้ไม่ได้ เพราะตรวจพบปริมาณน้ำตาล glucose และ fructose มีการสะสมเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 หลังการปักแจกัน (ภาพที่ 4A) เมื่อทดลองให้น้ำตาลจากภายนอกพบว่าดอกบัวหลวงมีอายุการปักแจกันไม่แตกต่างจากการไม่ได้รับน้ำตาล (เพชรรัตน์, 2554) ซึ่งยืนยันได้ว่าดอกบัวหลวงหมดอายุการปักแจกันเนื่องจากไม่สามารถนำน้ำตาลไปใช้ได้ แต่หลังจากนั้นพบปริมาณน้ำตาลในกลีบดอกลดลงอาจเป็นไปได้ว่ามีการเคลื่อนย้ายไปยังส่วนอื่น ๆ ในกรณีที่พืชเสื่อมสภาพจะมีการส่งน้ำตาลกลับไปที่ต้น ซึ่งเป็นไปได้ว่าในกรณีนี้อาจมีการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากกลีบดอกกลับไปสู่ที่ก้านและจากการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลในบริเวณก้านคอดอกบัวหลวงพบปริมาณน้ำตาล glucose และ fructose สูงขึ้นในวันที่ 3 และ 5 ของการปักแจกัน (ข้อมูลไม่ได้แสดง) สำหรับดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในสารละลาย GA_3 ตรวจพบน้ำตาล fructose และ glucose มีปริมาณสะสมน้อยกว่า (ภาพที่ 4B) แสดงว่ามีการนำน้ำตาลไปใช้ได้ดีกว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่น และสัมพันธ์กับอาการกลีบดำที่พัฒนาช้ากว่าดอกบัวหลวงที่ปักแจกันในน้ำกลั่น อาจเป็นสาเหตุให้สามารถยืดอายุการปักแจกันดอกบัวหลวงได้

สรุป

การปักแจกันดอกบัวหลวงในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 50 mg/L สามารถชะลออาการกลีบดำ เพิ่มอัตราการดูดน้ำ และมีปริมาณน้ำตาล glucose และ fructose สะสมในกลีบดอกน้อยกว่าการปักแจกันในน้ำกลั่น จึงมีส่วนช่วยยืดอายุการปักแจกันของดอกบัวหลวงได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้ โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ. 2545. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวไม้ตัดดอก. แมสพับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ: ประดิพัทธ์. 194 หน้า.

เจษฎาพร ทุมเพชร, 2554. ผลของ naphthalene acetic acid และ gibberellic acid ต่อคุณภาพบัวหลวงตัดดอก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 31 หน้า.

เพชรรัตน์ เนตรลักษณ์. 2554. บทบาทของน้ำตาลต่อคุณภาพดอกบัวหลวงพันธุ์สัตตบุษย์. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 49 หน้า.

รัชนี ภัทรวาโย. 2550. ผลของน้ำตาลในสารละลายยืดอายุที่มีต่อเมแทบอลิซึมของน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสในดอกกล้วยไม้สกุลหวาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 84 หน้า.

สายชล เกตุษา. 2531. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของดอกไม้. บริษัทสารมวลชน จำกัด, กรุงเทพฯ. 291 หน้า.

Figueroa I., M. T. Colinas, J. Mejía and F. Ramírez. 2005. Postharvest Physiological Changes in Roses of Different Vase Life. Ciencia einvestigacion agraria (Cien. Inv. Agr). 32(3): 167-176.

Hawker, J. S., R. R. Walker and H. P. Ruffner. 1976. Invertase and sucrose synthase in flowers. Phytochemistry 15: 1411-1443.

Imsabai W., S. Ketsa, W.G. Van doorn. 2010. Role of ethylene in the lack of floral opening and in petal blackening of cut lotus (*Nelumbo nucifera*) flowers. Postharvest Biol. Technol. 58: 57-56.

Nowak, J. and R. M. Rudnicki. 1990. Postharvest Handling and Storage of Cut Flower, Florist Greens and Potted Plant. Chapman and Hall, London. 210 p.

Reyes, F. G. R. 1982. Sugar composition and flavor quality of high sugar (Shrunken) and normal sweet corn. J. Food Sci. 47:753-755.

Salisbury, F. and C. W. Ross. 1992. Plant Physiology. Wadswort Publishing Company, California. 682 p.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., California. 559 p.

Van Doorn, W.G., J. Hibma and J. de Wit. 1992. Effect of exogenous hormones on leaf yellowing in cut flowering branches of *Alstromeria pelegrina* L.. Plant Growth Regul. 11: 59-62.

Waithaka, K., L. L. Dodge and M. S. Reid. 2001. Carbohydrate traffic during opening of gladiolus florets. J. Hort. Sci. Biotech. 76: 120-124.