ผลของสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตและ NAA ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของดอกฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis*) เพศเมีย

Effects of Silver Nitrate Solution and NAA on Characteristic Changes of Gac (*Momordica cochinchinensis*) Female Flowers

ศิริกาญจน์ กอบเกียรติถวิล ปริยานุช จุลกะ พิจิตรา แก้วสอน และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์*

Sirikan Kobkeattawin, Pariyanuj Chulaka, Pichittra Kaewsorn and Shermarl Wongchaochant*

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatujak, Bangkok 10900, Thailand

**Corresponding author: Email: agrsmw@ku.ac.th*

(Received: 25 April 2018; Accepted: 19 September 2018)

Abstract: This research aimed to study the effects of silver nitrate ($AgNO_3$) solution and $AgNO_3$ with NAA on characteristic changes of gac female flowers. The solution of 500 mg/L $AgNO_3$ was sprayed on 6 months female plants at 17.30 p.m. After 1 week, the changes were recorded when the first flower emerged. The results showed that filament and anther were induced in female flowers of the three sample groups; Thailand, Lao People's Democratic Republic, and Socialist Republic of Vietnam. However, pollen grain was not found inside the induced anthers. Applications of 500 mg/L $AgNO_3$ with 1,000 mg/L or 2,000 mg/L NAA on two sample female; Thailand, and the hybrid between Lao People's Democratic Republic × Socialist Republic of Vietnam could produce the sterile stamens similar to the result of using $AgNO_3$ solution only. The treated ovaries developed to be fruits, whereas red aril part and normal seeds were not found in the fruits. The fruits had pedicel necrosis and dropped before the harvesting period.

Keywords: Sex expression, Cucurbitaceae, hermaphrodite flower, silver nitrate

Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ($AgNO_3$) และสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของดอกฟักข้าวเพศเมีย โดยพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ต้นฟักข้าวเพศเมียที่มีอายุประมาณ 6 เดือน พ่นสารละลายในเวลา 17.30 น. หลังจากนั้นประมาณ 1 สัปดาห์เมื่อฟักข้าวออกดอกแรกบันทึกผลการเปลี่ยนแปลง ผลการศึกษาพบว่าสามารถชักนำให้เกิดการสร้างก้านชูและอับละอองเกสรเพศผู้ในฟักข้าวเพศเมียทั้งสามกลุ่มตัวอย่างได้แก่ กลุ่มตัวอย่างจากประเทศไทย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และประเทศเวียดนาม แต่ไม่มีการสร้างละอองเกสรเพศผู้เกิดขึ้น เมื่อพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1,000 หรือ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้กับสองตัวอย่างฟักข้าวจากประเทศไทย และลูกผสมระหว่างสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวกับประเทศเวียดนาม พบว่าดอกฟักข้าวเพศเมียมีการสร้างก้านชูและอับละอองเกสร ซึ่งละอองเกสรเพศผู้เป็นหมันเช่นเดียวกับการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตเพียงอย่างเดียว รังไข่พัฒนาเป็นผลแต่ไม่พบการสร้างเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและเมล็ดที่สมบูรณ์ ผลมีอาการขั้วผลแห้งดำและเกิดการหลุดร่วงของผลก่อนถึงระยะเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: การแสดงออกของเพศ พืชวงศ์แตง ดอกสมบูรณ์เพศ ซิลเวอร์ไนเทรต

คำนำ

ฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis*) เป็นหนึ่งในพืชวงศ์แตงที่มีการใช้ประโยชน์จากส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง (aril) ภายในผล ซึ่งมีสาระสำคัญในกลุ่มแคโรทีนอยด์สูง ได้แก่ เบต้าแคโรทีน และไลโคพีน (ปวันรัตน์และคณะ, 2557; Aoki *et al*., 2002; Vuong *et al*., 2006) ด้วยคุณประโยชน์ของสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์นี้ จึงทำให้เกษตรกรเพิ่มพื้นที่ปลูกฟักข้าวเป็นจำนวนมาก เพื่อขยายปริมาณการผลิตในระดับครัวเรือนให้เป็นระดับอุตสาหกรรม โดยมีการแปรรูปฟักข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ทั้งเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ อาหารเพื่อสุขภาพเช่นน้ำสลัดฟักข้าว (เพ็ญศิริ, 2560) และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (พัชริน, 2555; สมพร และคณะ, 2551) รวมถึงมีการส่งเยื่อหุ้มเมล็ดแบบแช่แข็งจำหน่ายให้กับประเทศเวียดนาม ซึ่งเป็นตลาดการผลิตฟักข้าวที่ใหญ่ที่สุดและเป็นผู้นำการแปรรูปในปัจจุบัน ซึ่งยังมีแนวโน้มว่าจะมีการขยายสู่ตลาดโลกเพิ่มขึ้น (กานต์ดา, 2556; วรรณภา, 2554) จากความต้องการของฟักข้าวเพื่อนำไปใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์มากขึ้น การปลูกให้ได้ผลผลิตจำนวนมากจึงมีความสำคัญ โดยสัดส่วนในการปลูกที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดคือต้นเพศผู้ต่อต้นเพศเมียในสัดส่วน 1 ต่อ 10 (กรณ์กาญจน์, 2556) ดังนั้นการควบคุมสัดส่วนของเพศจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตฟักข้าว

เอทิลีน (ethylene) และออกซิน (auxin) เป็นฮอร์โมนหลักในการกระตุ้นให้เกิดการสร้างดอกเพศเมียในพืชวงศ์แตง ในขณะที่ดอกเพศผู้นั้นถูกควบคุมการสร้างจากจิบเบอเรลลิน (gibberellin) (Kumar *et al*., 2009; Thomas, 2004) ซึ่งในการปลูกพืชวงศ์แตงทางการค้า เช่น แตงกวา มะระ จะใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (GA_3, GA_{4+7}) หรือสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ($AgNO_3$), ซิลเวอร์ไธโอซัลเฟต ($Ag(S_2O_3)_2$) ในการชักนำให้ดอกเพศเมียสร้างเกสรเพศผู้เพื่อให้เกิดการผสมตัวเอง ช่วยเพิ่มผลผลิตทางการค้าและลดต้นทุนในการดูแลต้นพ่อพันธุ์ (Behera *et al*., 2011; den Nijs and Visser, 1979; Jadhav *et al*., 2018) การใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตในแตงโมสามารถชักนำดอกเพศเมียให้พัฒนาเป็นดอกสมบูรณ์เพศได้ (Zhang *et al*., 2017) Sanwal *et al*. (2011) ได้ทดลองใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตในฟักข้าวเพื่อชักนำการเปลี่ยนดอกเพศเมียให้สร้างเกสรเพศผู้เป็นดอกสมบูรณ์เพศได้สำเร็จ นอกจากนี้มีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน เช่น napthalene acetic acid (NAA), indole-3-acetic acid (IAA), 4-chlorophenoxy acetic acid (4-CPA) ซึ่งช่วยส่งเสริมการทำงานของเอทิลีนในการเปลี่ยนเพศดอกของแตงกวา (Galun *et al*., 1965; Trebitsh *et al*., 1987) และยังช่วย

ในการขยายขนาดของรังไข่โดยเกิดผลแบบ parthenocarpy ในแตงกวา (Kim *et al*., 1992; Qian *et al*., 2018) และแตงไทย (Li *et al*., 2011) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตและสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของดอกฟักข้าวเพศเมีย เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตในการปลูกฟักข้าวเชิงการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

ฟักข้าวที่นำมาใช้ทดลองรวบรวมจากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน (Tropical Vegetable Research Center (TVRC)) ประเทศไทย จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มเมล็ดพันธุ์ฟักข้าวของประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และอีกกลุ่มตัวอย่างเป็นเมล็ดพันธุ์ที่รวบรวมจากประเทศเวียดนาม โดยนำเมล็ดมาเพาะในกล่องเพาะเมล็ด ใช้วัสดุเพาะทรายละเอียด นำกล่องวางไว้ในตู้เพาะเมล็ดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ดหรือมีใบจริง 4-6 คู่ใบ ย้ายต้นกล้าลงปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 20.32 เซนติเมตร ภายใต้สภาพโรงเรือนรดน้ำวันละ 1 ครั้ง เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 45 วันจึงย้ายลงถุงปลูกพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 33.02 เซนติเมตร ใช้วัสดุปลูกผสม ดินร่วน : ปุ๋ยคอก : กาบมะพร้าวสับ ในอัตราส่วน 4 : 1 : 1 ระยะปลูก 50 เซนติเมตร ทำค้างสำหรับให้ต้นเลื้อย ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เมื่อต้นมีอายุ 3 เดือนหลังย้ายปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 ในระยะที่ต้นสมบูรณ์ก่อนแทงช่อดอก รดน้ำวันละ 1 ครั้ง บันทึกลักษณะดอกของต้นเพศผู้และเพศเมียทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง จำนวนวันตั้งแต่เพาะเมล็ดจนกระทั่งดอกแรกบาน ความยาวกลีบดอก ลักษณะกลีบเลี้ยง ความกว้างของรังไข่ในต้นเพศเมีย ช่วงระยะเวลาตั้งแต่ดอกตูมจนกระทั่งดอกบาน และคัดเลือกต้นเพศเมียที่แข็งแรงให้ผลผลิตสูงเพื่อใช้ในการทดลอง

ผลของการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตต่อการชักนำการสร้างเกสรเพศผู้ในดอกเพศเมีย

คัดเลือกต้นฟักข้าวจาก 3 กลุ่มตัวอย่างในต้นเพศเมียที่มีอายุประมาณ 6 เดือน ก่อนที่ต้นฟักข้าวเกิดดอก ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยใช้พืชเป็นกรรมวิธี เตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเพศดอก ตามวิธีการของ Sanwal *et al*. (2011) พ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตที่ใบทั่วทั้งต้น ปริมาตร 125 มิลลิลิตรต่อต้น สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในกลุ่มตัวอย่างชุดควบคุมพ่นด้วยน้ำ reverse osmosis (RO) พ่นสารละลายในช่วงเวลา 17.30 น. หลังจากพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต 1 สัปดาห์ เมื่อต้นฟักข้าวเริ่มสร้างตาดอกบันทึกลักษณะของดอกเพศเมียที่เปลี่ยนแปลงไปสร้างเกสรเพศผู้และลักษณะผิดปกติที่เกิดขึ้น อาการใบไหม้ ดอกอ่อนไหม้ กลีบดอกสั้น รังไข่บิดเบี้ยว วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลของการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ต่อการพัฒนาของผล

คัดเลือกต้นเพศเมียที่ใช้ทดลอง 2 กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ต้นเพศเมียในกลุ่มตัวอย่างที่รวบรวมในประเทศไทยและลูกผสมระหว่างสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวและประเทศเวียดนาม ต้นอายุประมาณ 1 ปี ฉีดพ่นสารละลายในระยะก่อนเกิดดอกสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 1 พ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สลับกับ NAA ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละสัปดาห์ กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สลับกับ NAA ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพ่นสารทั้งสองชนิดเว้นระยะ 3 วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในช่วงเวลา 17.30 น. ใช้สารแต่ละอย่างปริมาตร 125 มิลลิลิตรต่อต้นต่อครั้ง พ่นให้กระจายไปที่บริเวณใบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยใช้สารละลายเป็นกรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ หลังจากนั้นอีกหนึ่งสัปดาห์เมื่อ

ต้นฟักข้าวเริ่มสร้างตาดอกบันทึกลักษณะของดอกที่เปลี่ยนแปลงไปสร้างเกสรเพศผู้ เปอร์เซ็นต์การติดผล ลักษณะผล เมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้วิธี t-test

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะของดอกฟักข้าว

ดอกฟักข้าวเป็นดอกไม่สมบูรณ์เพศ ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกตามซอกใบ โดยดอกแยกเพศและแยกต้นแบบ dioecy ช่วงเวลาการออกดอกแรกของดอกเพศผู้ใช้เวลา 105.5-135.6 วันหลังเพาะเมล็ด ส่วนดอกเพศเมียมีช่วงการบานใช้เวลา 150.6-226.7 วันหลังเพาะเมล็ด (ตารางที่ 1)

ดอกเพศผู้มีกลีบเลี้ยง (sepal) หุ้มตั้งแต่ระยะดอกตูมจนกระทั่งดอกบาน เป็นเวลา 17.7-19.4 วัน (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1A-C) กลีบดอกสีขาวแกมเหลือง บริเวณโคนกลีบดอกมีสีเข้มกว่าบริเวณปลาย กลีบดอกยาวประมาณ 5.5-6.5 เซนติเมตร จำนวน 5 กลีบ วงกลีบด้านในประกอบด้วย 3 กลีบ บริเวณโคนกลีบเป็นสีม่วงเข้มแกมดำ และวงกลีบด้านนอกอีก 2 กลีบ (ภาพที่ 2A) เกสรเพศผู้มี 3 พู โดยมีสองพูที่เป็นแฉกสมบูรณ์และอีกหนึ่งพู มีความยาวเป็นครึ่งหนึ่งของสองพูแรก ละอองเกสรเพศผู้มีขนาดเล็กกว่า 0.1 มิลลิเมตร มีสีส้ม สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อยู่บริเวณแฉกส่วนปลายด้านข้างของก้านชูอับละอองเกสรและบริเวณอับละอองเกสรเพศผู้มีของเหลวเหนียวใส อยู่ในถุงขนาดเล็ก ล้อมรอบบริเวณอับละอองเกสร (ภาพที่ 2B)

ดอกเพศเมียมีทั้งที่มีและไม่มีกลีบใบเลี้ยงหุ้ม กลุ่มตัวอย่างจากประเทศไทยไม่มีกลีบใบเลี้ยงหุ้ม ส่วนกลุ่มตัวอย่างสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และประเทศเวียดนามพบทั้งที่มีและไม่มีกลีบเลี้ยงหุ้ม การพัฒนาของดอกตั้งแต่ตาดอกจนกระทั่งดอกบานใกล้เคียงกับดอกเพศผู้ใช้เวลา 18.1-20.5 วัน (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1D-F) ดอกเพศเมียมีขนาดเล็กกว่าดอกเพศผู้เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน กลีบดอกมีสีขาวแกมเหลือง บริเวณโคนกลีบมีสีเข้มกว่าปลาย กลีบยาว 5.4-5.6 เซนติเมตร มีจำนวน 5 กลีบ วงกลีบด้านใน 3 กลีบ บริเวณโคนกลีบมีสีม่วงเข้มแกมดำเช่นเดียวกับดอกเพศผู้ วงกลีบด้านนอกมี 2 กลีบ (ภาพที่ 2C) เกสรเพศเมียมี 3 พู พูละ 2 แฉก โดยรวมกันเป็นก้อนอยู่บนก้านชูเกสรเพศเมีย มีสีเหลืองเหมือนกำมะหยี่ บริเวณโคนก้านชูเกสรเพศเมียมีก้านชูเกสรเพศผู้ที่พัฒนาไม่สมบูรณ์ ยาว 0.5 เซนติเมตร อยู่ล้อมรอบ มีฐานรองกลีบดอกสีเขียวหรือสีดำ รังไข่อยู่ใต้กลีบเลี้ยงในระยะดอกบานมีความยาว 1.8-2.3 เซนติเมตร จัดเป็นแบบ inferior และมีหนามขนาดเล็กสีเขียวล้อมรอบรังไข่ (ภาพที่ 2D)

ผลของสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตต่อการชักนำการสร้างเกสรเพศผู้ในดอกเพศเมีย

หลังจากพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 ครั้ง ต้นฟักข้าว

Table 1. Characteristics of gac flowers differed between three sample groups in this study

Samples	Sex	Days to flowering after sowing	Length of petal (cm)	Sepal	Width of ovary (cm)	Days from unopened to blooming flower (days)
TH	male	105.5 ± 10.7	5.5 ± 0.5	have	-	17.8 ± 1.7
	female	152.1 ± 20.0	5.6 ± 0.5	not have	1.8 ± 0.2	18.1 ± 0.8
LAOS	male	106.9 ± 11.8	6.2 ± 0.8	have	-	17.7 ± 1.3
	female	150.6 ± 24.5	5.4 ± 0.5	have/not have	1.8 ± 0.2	18.5 ± 1.1
VT	male	135.6 ± 10.5	6.5 ± 0.5	have	-	19.4 ± 1.0
	female	226.7 ± 35.5	5.5 ± 0.5	have/not have	2.3 ± 0.2	20.5 ± 0.5

Remarks: TH: Thailand; LAOS: Lao People's Democratic Republic; VT: Socialist Republic of Vietnam; Mean ± standard deviation (SD)

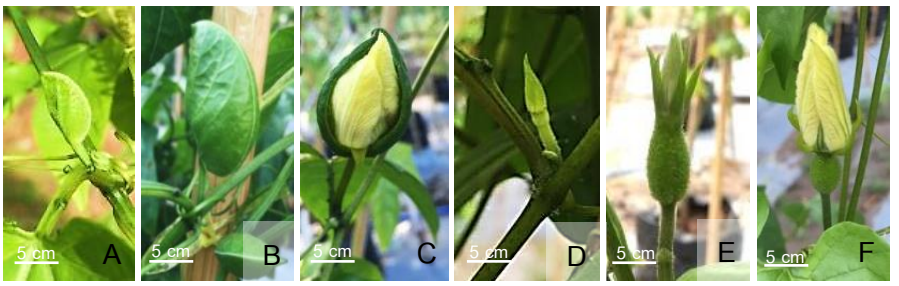


Figure 1. Development of male gac flower (A-C) and female gac flower (D-F) from unopened flower to the day before anthesis; unopened flower (A,D); 10 days (B,E) and the day before anthesis (C,F)

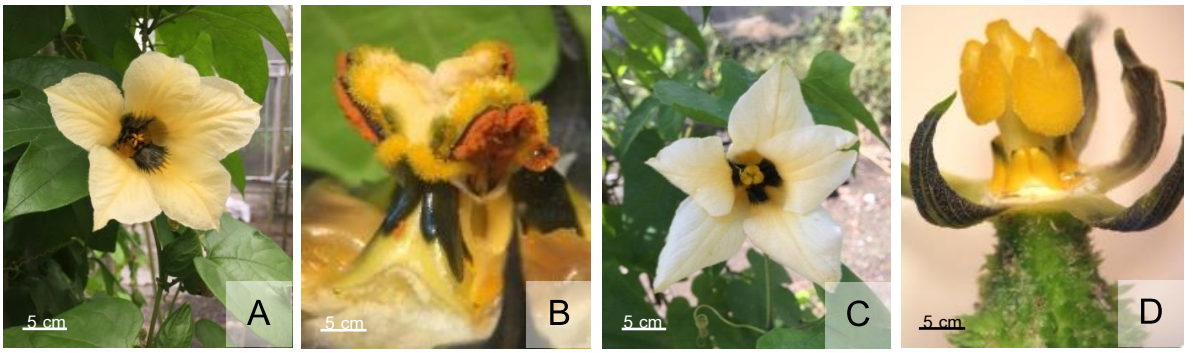


Figure 2. Male gac flower (A) and stamen (B); female gac flower (C) and pistil (D)

เพศเมียที่ไม่ได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตไม่เกิดการพัฒนาเกสรเพศผู้ ส่วนดอกฟักข้าวเพศเมียที่เกิดจากต้นที่ได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ดอกตูมบางส่วนไม่สามารถเจริญเติบโตและแสดงอาการหลุดร่วง ส่วนดอกที่เจริญเติบโตต่อได้มีการพัฒนาเกสรเพศผู้เป็นดอกสมบูรณ์เพศ 59.9-68.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งดอกที่พัฒนาเป็นดอกสมบูรณ์เพศทั้งสามกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ดอกเพศเมียที่พัฒนาเป็นดอกสมบูรณ์เพศหลังได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต บริเวณก้านชูอับละอองเกสรเพศผู้มีการพัฒนา 2 แบบ คือ ก้านชูอับละอองเกสรอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าและอยู่ในระดับเดียวกับเกสรเพศเมีย บริเวณก้านชูอับละอองเกสรมีการสร้างถุงของเหลวเหนียวใสเช่นเดียวกับในดอกเพศผู้ปกติแต่ภายในอับละอองเกสรไม่พบการสร้างละอองเกสรเพศผู้ทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง (ภาพที่ 3)

สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเพศดอก มีการทำงานเหมือนกับจิบเบอเรลลินในการชักนำให้เกิดการสร้างเกสรเพศผู้ จากผลการทดลองแสดงการเปลี่ยนแปลงเพศดอกเกิดขึ้นในทุกกลุ่มตัวอย่างของต้นเพศเมียที่พ่นด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 4 ครั้ง อีกทั้งไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำถึงแม้ว่าดอกเพศเมียมีอับละอองเกสรเกิดขึ้นแต่ไม่มีการสร้างละอองเกสรเพศผู้อยู่ภายใน ซึ่งการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตเพียงอย่างเดียวไม่สามารถชักนำให้เกิดการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่สมบูรณ์ได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Ghadge *et al*. (2014) ได้ใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตเปลี่ยนเพศดอกตำลึง (*Coccinia grandis*) โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 30 และ 35 มิลลิโมล สามารถชักนำการสร้างเกสรเพศผู้ แต่ในดอกสมบูรณ์เพศมีละอองเกสรที่สร้างขึ้นเป็นหมัน (sterile pollen) ซึ่งเกสรเพศผู้ที่มีชีวิตและสมบูรณ์พบเฉพาะในต้นเพศผู้เท่านั้น โดยปัจจัยที่ทำให้

Table 2. Percentage of hermaphrodite flowers developed from female plants treated with 0 and 500 mg/L $AgNO_3$ for 4 times

Sample	Percentage of hermaphrodite flowers (%)	
	0 (Control)	500 mg/L $AgNO_3$
TH	0	59.9
LAOS	0	68.9
VT	0	62.4
F-test	ns	ns

Remarks: TH: Thailand; LAOS: Lao People's Democratic Republic; VT: Socialist Republic of Vietnam; ns = not significantly

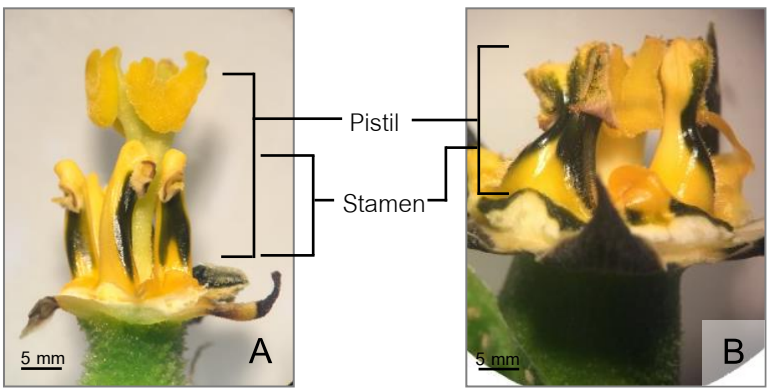


Figure 3. The stamen development of female flower treated with 500 mg/L $AgNO_3$ for 4 times. The stamens were lower than pistil (A) and some flowers showed the same level of stamen and pistil (B)

ไม่เป็นหมัน (male fertility) เกิดจากยีนบนโครโมโซม Y ซึ่งไม่พบโครโมโซม Y ในต้นเพศเมีย และต้นเพศเมียที่ชักนำให้เป็นดอกสมบูรณ์เพศ เป็นไปตามผลการศึกษาของ Yamasaki and Manabe (2011) ได้อธิบายเกี่ยวกับเอทิลีนภายในดอกแตงกวาว่าเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ไปทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเริ่มต้น เมื่อมีการประยุกต์ใช้ aminoethoxyvinyl glycine (AVG) และสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตกับแตงกวาสายพันธุ์ที่เป็นเพศเมีย พบว่า AVG ยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีนส่งผลให้เกิดการสร้างเกสรเพศผู้ในดอกเพศเมีย ในขณะที่สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตทำให้เกิดการสร้างส่วนของเกสรเพศผู้ ซึ่งความยาวของก้านชูเกสรเพศผู้มีสัดส่วนไม่เท่ากับความยาวของเกสรเพศเมียและไม่มีการสร้างละอองเกสรเพศผู้เกิดขึ้น โดยเกิดจากการที่ซิลเวอร์ไนเทรตไปขัดขวางการทำงานของเอทิลีนภายในดอก จึงสอดคล้องกับผลการวิจัยครั้งนี้ในฟักข้าว

จากการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 ครั้ง ทำให้เกิดลักษณะอาการใบไหม้สีน้ำตาล ดอกอ่อนไหม้ กลีบดอกสั้น รังไข่บิดเบี้ยว พบว่าทั้งสามกลุ่มตัวอย่างได้รับผลกระทบที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืชและทำให้การเจริญเติบโตของต้นฟักข้าวชะงักไป ดอกและผลผิดปกติได้ ในกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวที่รวบรวมในประเทศไทยเกิดผลกระทบหลังจากพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มตัวอย่างจากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และเวียดนามตามลำดับ ความแข็งแรงของต้นฟักข้าวมีส่วนเกี่ยวข้องกับผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วย ในกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวที่รวบรวมจากประเทศเวียดนามส่วนใหญ่ต้นมีลักษณะเถาใหญ่ ใบใหญ่ ดอกเพศเมียมีรังไข่ขนาดใหญ่กว่ากลุ่มตัวอย่างจากที่อื่น เมื่อถูกพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต

ในปริมาณที่เท่ากัน มีส่วนใบ ลำต้น ยอด ยังพัฒนาและสังเคราะห์แสงต่อได้ จึงได้รับผลกระทบที่น้อยกว่า (ตารางที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ den Nijs and Visser (1979) พบว่าการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตที่มีความเข้มข้นมากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้เกิดอาการใบเหลืองและเนื้อเยื่อเสียหายจากอาการ necrosis ทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก

ผลของการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ต่อการพัฒนาผลฟักข้าว

ในการวิจัยนี้เลือกใช้ต้นเพศเมียในกลุ่มตัวอย่างของประเทศไทย (TH) และกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวลูกผสมระหว่างสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวกับประเทศเวียดนาม (F_1LV) ที่ให้ผลผลิตจำนวนมากหลังจากการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1,000 หรือ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 4 ครั้ง พบว่าดอกฟักข้าวของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง มีการสร้างก้านชูและอับละอองเกสรเพศผู้ในดอกเพศเมีย และไม่พบการสร้างละอองเกสรเช่นเดียวกับดอกเพศเมียที่ได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ NAA ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนเซลล์บริเวณรังไข่ของดอกเพศเมียที่ได้รับสาร รังไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นเหมือนดอกที่ได้รับการผสมเกสร ซึ่งการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ทั้งสองความเข้มข้น ทำให้การติดผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) เป็นไปตามผลการศึกษาในแตงกวาของ Qian *et al*. (2018) และในมะระของ Tolentino and Cadiz (2005) ที่พบว่า NAA ส่งผลให้เกิดผลแบบ parthenocarpy ในดอกเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมเกสร ผนังเซลล์ด้านนอกของรังไข่มีการขยายขนาด ผลที่ได้มีขนาดและลักษณะ ใกล้เคียงกับผลที่ได้รับการผสมเกสร แต่ผลแบบ parthenocarpy นั้นมีองค์ประกอบของสารสำคัญในผล เช่น ปริมาณน้ำตาล กรดฟีนอลิก วิตามินซี และสารกลุ่มอัลคาลอยด์ลดน้อยลง เมื่อผลฟักข้าวอายุ 7 สัปดาห์หลังพ่นสารครั้งสุดท้าย สีผิวของผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้มอ่อน บริเวณขั้วผลที่ได้รับ NAA ทั้งสองความเข้มข้นแสดงอาการเน่า ทำให้ผลฟักข้าวร่วงก่อนถึงระยะการเก็บเกี่ยว เป็นผลจากการทำงานของ NAA ลดน้อยลง ซึ่งโดยปกติพืชจะสร้างออกซินได้เองจากบริเวณปลายยอดและระยะผลอ่อน เพื่อใช้ในการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญ การขยายขนาดของเซลล์ และป้องกันการหลุดร่วงของผล (พัชรียา, 2560) เมื่อเข้าสู่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยวการทำงานของเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น ส่งเสริมการพัฒนาการสุกแก่ของผล และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) เพื่อย่อยเซลลูโลสที่ผนังเซลล์ ส่งผลให้ผนังเซลล์เกาะกันอย่างหลวม ๆ และเกิดรอยแยกหลุดร่วงได้ง่าย (พัชรียา, 2560) รวมถึงผลที่เกิดการพัฒนาขึ้นไม่ได้เกิดจากการปฏิสนธิ จึงทำให้มีการร่วงของผลที่ไม่สมบูรณ์ตามธรรมชาติ และพบบางผลที่พัฒนาจนถึงระยะเก็บเกี่ยว เมล็ดมีการพัฒนาไม่สมบูรณ์ มีเนื้อเยื่อสีน้ำตาลหุ้มส่วนของเมล็ด และไม่พบการสร้างส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง (aril) ซึ่งเกิดจากเมื่อผลฟักข้าวถูกยับยั้งการทำงานของเอทิลีนโดยสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตจึงไม่เกิดการสะสมสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ในเยื่อหุ้มเมล็ด (Yuan *et al*., 2015) จึงพบว่าสีของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเป็นสีน้ำตาลอ่อน

Table 3. Percentage of abnormal female flowers treated with 500 mg/L $AgNO_3$ for 4 times

Samples	Percentage of abnormal characteristics (%)			
	Necrosis leaves	Necrosis flowers	Short petal	Distorted ovary
TH	97.0 b	40.1 b	12.4 c	11.3 c
LAOS	92.0 ab	31.1 a	8.9 b	6.4 b
VT	85.0 a	37.6 b	0 a	0 a
F-test	*	*	*	*

Remarks : TH: Thailand; LAOS: Lao People's Democratic Republic; VT: Socialist Republic of Vietnam

: Values with different letters in columns are significantly different ($P \leq 0.05$)

Table 4. Percentage of fruit set after treated female plants with 500 mg/L $AgNO_3$ and 1,000, 2,000 mg/L NAA for 4 times

Treatment	Percentage of fruit set (%)	
	TH	F_1LV
$AgNO_3$ + 1,000 mg/L NAA	66.7	43.3
$AgNO_3$ + 2,000 mg/L NAA	63.3	56.7
t-test	ns	ns

Remarks: TH: Thailand; F_1LV: F_1 hybrid between LAOS and Vietnam group sample plants; ns = not significantly

สรุป

สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดการสร้างก้านชูและอับละอองเกสรเพศผู้ในดอกฟักข้าวเพศเมียทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง แต่ไม่พบการสร้างละอองเกสรเพศผู้ให้ผลเช่นเดียวกับการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1,000 หรือ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร รังไข่ที่พัฒนาจากต้นที่ได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA มีการพัฒนาเป็นผลได้ แต่เมล็ดไม่สมบูรณ์และไม่มีการสร้างเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ผลส่วนใหญ่หลุดร่วงก่อนถึงระยะเก็บเกี่ยว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี พ.ศ. 2559 และขอขอบคุณ คุณจำนอง โสมกุล จาก Tropical Vegetable Research Center (TVRC) ประเทศไทย ที่สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ฟักข้าวในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรณ์กาญจน์ ภมรประวัติ. 2556. ฟักข้าว พืชพื้นบ้านมากคุณค่า. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, กรุงเทพฯ. 48 หน้า.

กานต์ดา บุญเถื่อน. 2556. ติดปีก 'ฟักข้าว' ด้วยวิทยาศาสตร์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.bangkokbiznews.com/news/detail/537208 (3 มีนาคม 2561).

ปวันรัตน์ วิหงส์ พัชริน ส่งศรี พลัง สุริหาร คมศร ลมไธสง และ กมล เลิศรัตน์. 2557. ปริมาณสารไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนในตัวอย่างฟักข้าวจากสายต้นต่าง ๆ. แก่นเกษตร 42(1)(พิเศษ): 166-171.

พัชริน ส่งศรี. 2555. ฟักข้าวพืชพื้นบ้านคุณค่าสูงเพื่อสุขภาพ. แก่นเกษตร 40(1): 1-6.

พัชรียา บุญกอแก้ว. 2560. สารควบคุมการเจริญเติบโตในพืชสวน. สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ. 230 หน้า.

เพ็ญศิริ คงสิทธิ์. 2560. ปริมาณฟักข้าวที่เหมาะสมในการทำน้ำสลัดซนิดข้น. วารสารเกษตร 33(1): 153-161.

วรรณภา เสนาดี. 2554. ฟักข้าว ซูเปอร์ฟรุ๊ต สุดยอดพืชพื้นบ้าน. วารสารเคหการเกษตร 35(4): 75-90.

สมพร ภูติยานันต์ ศิริพร โอโกโนกิ เกษร นันทจิต บงกชวรรณ สุตะพาหะ และ บรรยง คันธวะ. 2551. มาตรฐานทางเภสัชเวทฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย และเชื้อรา และการพัฒนาเภสัชภัณฑ์จากสารสกัดใบฟักข้าวรักษาโรคผิวหนัง. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), กรุงเทพฯ. 219 หน้า.

Aoki, H., N.Y.M. Kieu, N. Kuze, K. Tomisaka and N.V. Chuyen. 2002. Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng). Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 66(11): 2479-2482.

Behera, T.K., S. Mishra and A. Pal. 2011. Use of silver thiosulfate and gibberellic acid for induction of hermaphrodite flower in gynoecious lines of bitter gourd (*Momordica charantia* L.). Cucurbit Genetics Cooperative Report 33-34: 60-61.

den Nijs, A.P.M. and D.L. Visser. 1979. Silver compounds inducing male flowers in gynoecious cucumbers. Cucurbit Genetics Cooperative Report 2: 14-15.

Galun, E., S. Izhar and D. Atsmon. 1965. Determination of relative auxin content in hermaphrodite and andromonoecious *Cucumis sativus* L. Plant Physiology 40(2): 321-326.

Ghadge, A. G., K. Karmakar, R. S. Devani, J. Banerjee, B. Mohanasundaram, R. K. Sinha, S. Sinha and A. K. Banerjee. 2014. Flower development, pollen fertility and sex expression analyses of three sexual phenotypes of *Coccinia grandis*. BMC Plant Biology 14: 325, doi: 10.1186/s12870-014-0325-0.

Jadhav, B.P., M.B. Patil, S.Y. Patil, I.S. Halakude and J.C. Rajput. 2018. Development and maintenance of novel source of gynoecy in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). International Journal of Current Research 10(1): 63802-63805.

Kim, I.S., H. Okubo and K. Fujieda. 1992. Endogenous levels of IAA in relation to parthenocarpy in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Scientia Horticulturae 52(1-2): 1-8.

Kumar, V., G. Parvatam and G.A. Ravishankar. 2009. $AgNO_3$-a potential regulator of ethylene activity and plant growth modulator. Electronic Journal of Biotechnology 12(2), doi: 10.2225/vol12-issue2-fulltext-1.

Li, X.X., F. Kobayashi, H. Ikeura and Y. Hayata. 2011. Chlorophenoxyacetic acid and chloropyridylphenylurea accelerate translocation of photoassimilates to parthenocarpic and seeded fruits of muskmelon (*Cucumis melo*). Journal of Plant Physiology 168(9): 920-926.

Qian, C., N. Ren, J. Wang, Q. Xu, X. Chen and X. Qi. 2018. Effects of exogenous application of CPPU, NAA and GA_{4+7} on parthenocarpy and fruit quality in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Food Chemistry 243: 410-413.

Sanwal, S.K., M. Kozak, S. Kumar, B. Singh and B.C. Deka. 2011. Yield improvement through female homosexual hybrids and sex genetics of sweet gourd (*Momordica cochinchinensis* Spreng.). Acta Physiologiae Plantarum 33(5): 1991-1996.

Thomas, T.D. 2004. *In vitro* modification of sex expression in mulberry (*Morus alba*) by ethrel and silver nitrate. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 77(3): 277-281.

Tolentino, M.F. and N.M. Cadiz. 2005. Effects of naphthaleneacetic acid (NAA) and gibberellic acid (GA_3) on fruit morphology, parthenocarpy, alkaloid content and chlorophyll content in bittergourd (*Momordica charantia* L. 'Makiling'). The Philippine Agricultural Scientist 88(1): 35-39.

Trebitsh, T., J. Rudich and J. Riov. 1987. Auxin, biosynthesis of ethylene and sex expression in cucumber (*Cucumis sativus*). Plant Growth Regulation 5(2): 105-113.

Vuong, L.T., A.A. Franke, L.J. Custer and S.P. Murphy. 2006. *Momordica cochinchinensis* Spreng. (gac) fruit carotenoids reevaluated.

Journal of Food Composition and Analysis 19(6-7): 664-668.

Yamasaki, S. and K. Manabe. 2011. Application of silver nitrate induces functional bisexual flowers in gynoecious cucumber plants (*Cucumis sativus* L.). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 80(1): 66-75.

Yuan, H., J. Zhang, D. Nageswaran and L. Li. 2015. Carotenoid metabolism and regulation in horticultural crops. Horticulture Research 2: 15036, doi: 10.1038/hortres.2015.36.

Zhang, J., J. Shi, G. Ji, H. Zhang, G. Gong, S. Guo, Y. Ren, J. Fan, S. Tian and Y. Xu. 2017. Modulation of sex expression in four forms of watermelon by gibberellin, ethephon and silver nitrate. Horticultural Plant Journal 3(3): 91-100.