ผลของ salicylic acid ต่อการเจริญเติบโตและสารต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatica* Forsk.)

Effect of salicylic acid on growth and antioxidant capacity of kangkong (*Ipomoea aquatica* Forsk.)

ชานนท์ มณีรัตน์[1], ภาณุมาศ ฤทธิไชย[1*], เยาวพา จิระเกียรติกุล[1] และ นภาพร ยังวิเศษ[2]

Chanon Maneerath[1], Panumart Rithichai[1*], Yaowapha Jirakiattikul[1] and Napaporn Youngvises[2]

บทคัดย่อ: Salicylic acid (SA) จัดเป็นตัวกระตุ้นชีวภาพที่ใช้ชักนำให้พืชสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการ priming และการฉีดพ่น SA ทางใบต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatica* Forsk.) ทำ priming โดยแช่เมล็ดใน SA ความเข้มข้น 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 mM นาน 180 นาที นำเมล็ดที่ผ่านและไม่ผ่าน priming ไปเพาะในกระถางพลาสติกขนาด 15x70x15 ซม. เมื่ออายุ 15 วันหลังหยอดเมล็ด ฉีดพ่น SA ความเข้มข้นเดียวกันกับการ priming บนใบของต้นกล้าที่ได้จากเมล็ดที่ผ่านและไม่ผ่านการ priming และเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 20 วันหลังหยอดเมล็ด ผลการทดลองพบว่า การ priming และฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.2 mM หรือฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.8 mM เพียงอย่างเดียว มีน้ำหนักสดต้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการ priming และฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 mM หรือฉีดพ่น SA 0.1 mM เพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: salicylic acid, priming, สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, *Ipomoea aquatica* Forsk.

ABSTRACT: Salicylic acid (SA) is a biotic elicitor which has been used to induce antioxidants in plants. The objective of this study was to examine the effects of SA priming and foliar application on growth and antioxidant capacity of kangkong (*Ipomoea aquatica* Forsk.). The seeds were subjected to priming by soaking in SA at 0, 0.1, 0.2, 0.4 and 0.8 mM for 180 min. The primed and non-primed seeds were cultivated in 15x70x15 cm plastic pots. The same SA concentrations as priming were sprayed on the leaves of seedlings from primed and non-primed seeds at 15 days after sowing (DAS). Plants were harvested at 20 DAS. The results indicated that SA primed seeds and sprayed at 0, 0.1 and 0.2 mM or only 0, 0.1 and 0.8 mM SA sprayed exhibited the significantly highest shoot fresh weight. In addition, the significantly highest total phenolic content occurred when seeds were primed and sprayed with SA at 0.1 and 0.2 mM or only 0.1 mM SA sprayed.

Keywords: salicylic acid, priming, total phenolic content, *Ipomoea aquatica* Forsk.

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120
Department of Agriculture Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Campus, Pathumthani, 12120

[2] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120
Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Campus, Pathumthani, 12120

* Corresponding author: panumart@tu.ac.th

บทนำ

การบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงจะสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรค (โอภา, 2550) ปัจจุบันผู้บริโภคจึงได้ให้ความใส่ใจในคุณค่าของอาหารและมีความต้องการอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น ดังนั้นการผลิตผักให้มีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจึงเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค salicylic acid (SA) จัดเป็นตัวกระตุ้นชีวภาพ (biotic elicitor) ที่พืชสามารถสังเคราะห์ได้เองตามธรรมชาติ แต่มีปริมาณที่น้อยมาก SA มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระภายในพืช (วราภรณ์, 2551; Zhao et al., 2005; Hopkin and Huner, 2009) นอกจากนี้ SA ยังมีบทบาทในการควบคุมกระบวนการดูดซับธาตุอาหาร การเปิดปิดของปากใบ การออกดอก การแบ่งเซลล์ การสังเคราะห์ด้วยแสง การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และรงควัตถุชนิดอื่นๆ และยับยั้งการสังเคราะห์ ethylene เป็นต้น สามารถต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อโรค โดยจะชักนำให้เกิดระบบป้องกันตัวเองภายในพืช (systemic acquired resistance: SAR) ภายหลังการได้รับเชื้อโรคจะมีการกระตุ้นให้เกิดการสร้าง pathogenesis-related protein (PRs) ซึ่งต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อโรค หรือเมื่อได้รับสภาพเครียดระบบ SAR จะมีผลทำให้สารต้านอนุมูลอิสระชนิดที่เป็นเอ็นไซม์เพิ่มสูงขึ้น (Hayat et al., 2010) ทั้งนี้การให้ SA กับพืชในระยะการเจริญเติบโตและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมจะกระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้ เช่น การ priming ด้วย SA ในเมล็ดพริกขี้หนู (*Capsicum annuum* L.) ความเข้มข้น 0.8 mM นาน 48 ชั่วโมง (Khan et al., 2009) หรือเมล็ดมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ความเข้มข้น 150 ppm นาน 24 ชั่วโมง (Ghoohestani et al., 2012) พบว่านอกจากจะเพิ่มความงอกและลดระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกแล้วยังกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ catalase และ peroxidase รวมทั้งลดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ด้วย ส่วนการฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 10^{-4} และ 10^{-3} µM บนใบถั่วลันเตา (*Pisum sativum* L.) เมื่ออายุ 25 และ 35 วันหลังหยอดเมล็ด (El-Shraiy and Hegazi, 2009) หรือการฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 10^{-5} M บนใบผักโขม (*Amaranthus tricolor* L.) เมื่ออายุ 7 14 และ 21 วันหลังหยอดเมล็ด(Khandaker et al., 2011) พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกได้อย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาการใช้ SA ในพืชผักชนิดต่างๆ มาบ้างแล้วแต่ยังไม่มีการศึกษาในผักบุ้งจีนซึ่งจัดเป็นผักเศรษฐกิจที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการ priming และฉีดพ่น SA ทางใบต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยมี 10 สิ่งทดลอง ได้แก่ การ priming ร่วมกับการฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 mM และการฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้น 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 mM เพียงอย่างเดียว โดยนำเมล็ดผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9 จาก บริษัท อีสท์ เวสท์ ซีด จำกัด มาทำ priming โดยแช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 mM นาน 180 นาที อัตราส่วนเมล็ดต่อสารละลาย 1 : 10 โดยปริมาตร เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เมื่อครบกำหนดนำเมล็ดมาล้างผ่านน้ำไหล 5 นาที แล้วผึ่งเมล็ดที่อุณหภูมิห้อง 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าเมล็ดมีความชื้นเท่ากับความชื้นเริ่มต้น จากนั้นนำเมล็ดที่ผ่านและไม่ผ่านการ priming ไปปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15 x 70 x 15 ซม. ที่บรรจุด้วยดินผสมและปุ๋ยคอกอัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร ระยะปลูก 10 x 10 ซม. หยอดเมล็ดลึก 5 ซม.จำนวน 50 เมล็ดต่อกระถาง วางกระถางในโรงเรือนทดลอง บันทึกความงอกเมื่อเห็นใบเลี้ยงคลี่เต็มที่ โดยบันทึกทุกวันจนถึงอายุ 10 วันหลังหยอดเมล็ด คำนวณความงอกในแปลง (field emergence) และ

ระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean time to emergence; MTE) (Geneve, 2005) ให้น้ำทุกวัน ให้ปุ๋ยรองพื้นสูตร 16-16-16 อัตรา 5 กรัมต่อกระถาง เมื่ออายุ 7 วันหลังหยอดเมล็ด ให้ปุ๋ยยูเรีย 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร อัตรา 1 ลิตรต่อกระถาง ฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 mM บนใบของต้นกล้าผักบุ้งจีนที่ปลูกจากเมล็ดที่ผ่านและไม่ผ่านการ priming เมื่ออายุ 15 วันหลังหยอดเมล็ด ในอัตรา 10 มิลลิลิตรต่อกระถาง โดยเติมสารจับใบ 1-2 หยด เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุ 20 วันหลังหยอดเมล็ด บันทึกความสูงต้น น้ำหนักสดและแห้งของต้น สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธี Folin-Ciocalteu assay และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Yamasaki, 1994 อ้างโดย Jaiarree, 2010) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามวิธี CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS version 9

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ความงอกในแปลง (field emergence) การ priming เมล็ดผักบุ้งจีน ด้วยสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 mM นาน 180 นาที เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ priming พบว่ามีความงอกในแปลง และระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ มีความงอกอยู่ในช่วง 75.00 ± 10.52 ถึง 87.00 ± 10.89 % และมีระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกอยู่ระหว่าง 5.36 ± 0.43 ถึง 6.01 ± 0.32 วัน (**Figure 1A and 1B**) แสดงว่าการ priming เมล็ดผักบุ้งจีนก่อนปลูกด้วย SA ที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่สามารถกระตุ้นความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดผักบุ้งจีนได้ ซึ่งแตกต่างจากเมล็ดมะเขือเทศ (Ghoohestani et al., 2012) หรือเมล็ดพริกขี้หนู (Khan et al., 2009) ที่ priming ด้วย SA แล้วสามารถเพิ่มความงอกและลดระยะเวลาในการงอกลงอย่างมีนัยสำคัญ

2. การเจริญเติบโต การฉีดพ่น SA ความเข้มข้นต่างๆ บนใบของต้นกล้าผักบุ้งจีนที่ได้จากเมล็ดผ่านและไม่ผ่านการ priming พบว่าเมื่ออายุ 20 วันหลังหยอดเมล็ด ผักบุ้งจีนมีความสูงต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (11.78 ± 1.21 ถึง 15.68 ± 1.94 ซม.) (**Figure 2A**) ส่วนน้ำหนักสดต้นพบว่าการ priming และฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.2 mM หรือการฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.8 mM เพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักสดต้นสูงสุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือมีน้ำหนักสดอยู่ในช่วง 4.65 ± 0.57 ถึง 6.09 ± 0.63 กรัมต่อต้น ส่วนการ priming ร่วมกับฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0.4 และ 0.8 mM หรือฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0.2 และ 0.4 mM เพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักสดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (3.37 ± 0.69 ถึง 4.30 ± 1.24 กรัมต่อต้น) (**Figure 2B**) อย่างไรก็ตาม การ priming และฉีดพ่น SA หรือฉีดพ่น SA เพียงอย่างเดียวในทุกสิ่งทดลองมีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (0.33 ± 0.03 ถึง 0.49 ± 0.06 กรัมต่อต้น) (**Figure 2C**) แสดงว่าการ priming และฉีดพ่นด้วย SA หรือการฉีดพ่นด้วย SA เพียงอย่างเดียวทุกความเข้มข้นในการทดลองนี้ไม่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนได้ ซึ่งแตกต่างจากผักโขม ที่ฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 10^{-5} M (Khandaker et al., 2011) หรือถั่วลันเตา ฉีดพ่นด้วย SA ความเข้มข้น 10^{-3} µM (El-Shraiy and Hegazi, 2009) ส่งผลให้ความสูงต้นน้ำหนักสดและแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

3. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การ priming และฉีดพ่นด้วย SA ความเข้มข้น 0.2 mM มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือการ priming และฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0.1 mM และการฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0.1 mM เพียงอย่างเดียว (40.04 ± 4.02, 35.74 ± 2.59 และ 33.55 ± 3.83 mg GAE/g dry extract ตามลำดับ) (**Figure 2D**) ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใช้ SA ความเข้มข้นสูงขึ้นเป็น 0.4 และ 0.8 mM ทั้งการ priming และฉีดพ่น SA หรือฉีดพ่น SA เพียงอย่างเดียวมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงแต่มีค่าสูงกว่าการไม่ใช้ SA (SA 0 mM) จะเห็น

ได้ว่าการใช้ SA สามารถกระตุ้นให้ผักบุ้งจีนสร้างสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดให้สูงขึ้นได้หากใช้ในความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยการ priming ร่วมกับการฉีดพ่น SA หรือการฉีดพ่น SA เพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 0.1 mM สามารถเพิ่มสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผักบุ้งจีนได้ แต่เมื่อ SA มีความเข้มข้นเพิ่มเป็น 0.2 mM การฉีดพ่น SA เพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้ต้องใช้วิธี priming ร่วมกับการฉีดพ่น และวิธีการที่เหมาะสมในการกระตุ้นให้ผักบุ้งจีนสร้างสารประกอบฟีนอลิกทั้งให้สูงขึ้นคือ การฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0.1 mM เพียงอย่างเดียวโดยไม่จำเป็นต้องทำ priming ผลการทดลองนี้ให้ผลสอดคล้องกับการฉีดพ่น SA บนใบผักโขม (Khandaker et al., 2011) และคะน้า (*Brassica alboglabra* bailey) (Sun et al., 2012) ที่ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มสูงขึ้นเมื่อฉีดพ่น SA ความเข้มข้นต่ำ ส่วนฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าการ priming และฉีดพ่น SA หรือฉีดพ่น SA เพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นต่างๆ มีการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ระหว่าง 45.08 ± 6.32 ถึง 59.55 ± 1.49 % ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (**Figure 2E**) จากการทดลองในพืชหลายชนิดมักพบว่าเมื่อมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงด้วย (Dudonne et al., 2009) แต่จากการทดลองนี้พบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่สอดคล้องกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีความสามารถในการเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ DPPH ได้ต่างกัน ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกที่พบในผักบุ้งจีนอาจมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ต่ำจึงให้ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งลักษณะดังกล่าวพบในพืชชนิดอื่นๆ ด้วย เช่น *Herissantia crispa* L. (Oliveira et al., 2012) และมะละกอ (*Carica papaya* L.) (Dudonne et al., 2009) เป็นต้น

สรุป

การ priming เมล็ดผักบุ้งจีนด้วย SA ความเข้มข้น 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 mM นาน 180 นาที ไม่สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ การ priming และฉีดพ่น SA หรือฉีดพ่น SA เพียงอย่างเดียวไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน แต่การ priming และฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 mM หรือการฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0.1 mM เพียงอย่างเดียวมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ และวิธีที่เหมาะสมในการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีนคือการฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 0.1 mM เพียงอย่างเดียวโดยไม่ทำ priming

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

วราภรณ์ ภูตะลุน. 2551. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพร: แนวทางการศึกษาเพื่อผลิตสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา. ขอนแก่นพิมพ์พัฒนา, ขอนแก่น.

โอภา วัชรคุปต์. 2550. บทบาทอนุมูลอิสระกับโรคและการป้องกัน.น. 36-70. ใน: โอภา วัชระคุปต์. สารต้านอนุมูลอิสระ: Radical Scavenging Agents. นิวไทยมิตรการพิมพ์.

Dudonne, S., X. Vitrac, P. Coutiere, M. Woillez and J.M. Merillon. 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD and ORAC assays. J. Agr. Food Chem. 57: 1768-1774.

El-Shraiy, A.M. and A.M. Hegazi. 2009. Effect of acetylsalicylic acid, indole-3-bytric acid and gibberellic acid on plant growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.). Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 3: 3514-3523.

Geneve, R.L. 2005. Vigour testing in flower seeds. P. 311-332 In: M.B. McDonald and F.Y. Kwong. Flower Seeds Biology and Technology. CABI Publishing.

Ghoohestani, A., H. Gheisary, S. M. Zahedi and A. Dolatkhahi. 2012. Effect of seed priming of tomato with salicylic acid, ascorbic acid and hydrogen peroxide on germination and plantlet growth in saline conditions.International journal of Agronomy and Plant Production. 3: 700-704.

Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environ. Exper. Bot. 68: 14-25.

Hopkins, W.G. and N.P.A. Huner. 2009. Introduction to Plant Physiology. 4th edition. John Wiley and Sons, USA.

Jaiarree, N. 2010. Biological activities of *Dioscorea birmanica* Prain & Burkill extract and its activity ingredients. Doctoral Thesis in Medical Science. Faculty of Medicine. Thammasat University, Pathumthani.

Khan, H.A., M.A. Pervez, C.M. Ayub, K. Ziaf, R.M. Balal, M.A. Shahid and N. Akhtar. 2009. Hormonal priming alleviates salt stress in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Soil Environm. 28: 130-135.

Khandaker, L., A.S.M.G. Masum Akond and S. Oba. 2011. Foliar application of salicylic acid improved the growth, yield and leaf's bioactive compounds in red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.).Vegetable Crop Research Bulletin. 74: 77-86.

Oliveira, A.M.F., L.S. Pinheiro, C.K.S. Pereira, W.N. Matias, R.A. Gomes, O.S. Chaves, M.D.F.V. De Souza, R.N. De Almeida and T.S. De Assis. 2012. Total phenolic content and antioxidant activity of some Malvaceae family species. Antioxidants. 1: 33-43.

Sun, B., H. Yan, F. Zhang and Q. Wang. 2012. Effects of plant hormones on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale. Food Res. Int.48: 359-366.

Zhao, J., C.D. Lawrence and R. Verpoote. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plants secondary metabolite. Biotechnol. Adv. 23: 283-333.

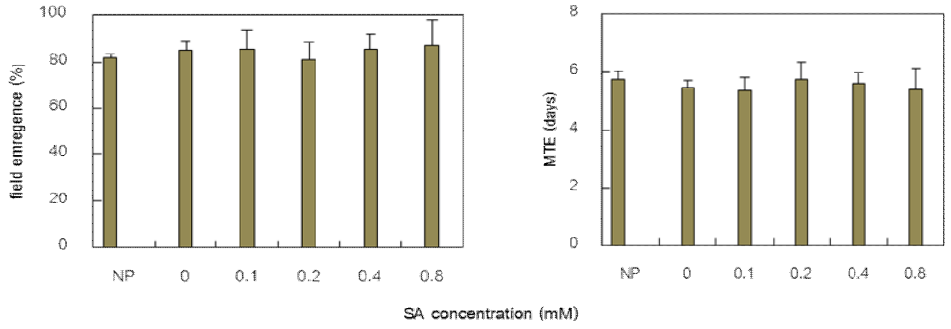

Figure 1 Effect of salicylic acid on field emergence (A) and mean time to emergence (B). NP: Non-priming MTE: mean time to emergence. The vertical bars represent the standard deviations of the means.

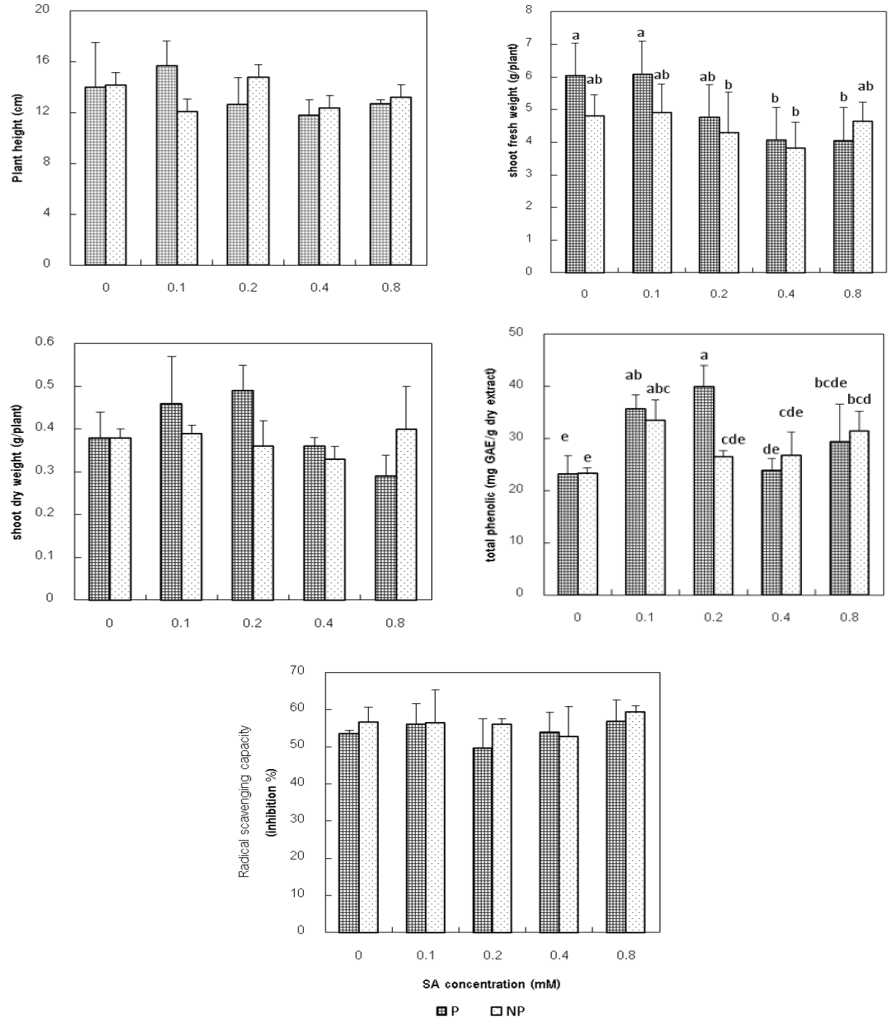

Figure 2 Effect of salicylic acid on plant height (A), shoot fresh weight (B), shoot dry weight (C), total phenolic content (D) and DPPH radical scavenging capacity (E). The vertical bars represent the standard deviations of the means. The same letters indicate insignificantly different by DMRT at 0.05 level.