ผลของการไพรมิ่งด้วยกรดซาลิไซลิกต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายใต้สภาวะเครียดจากอุณหภูมิ

Effect of Salicylic Acid Priming on Germination and Vigor of Soybean Seed under Temperature Stress

ภภัสสร วัฒนกุลภาคิน[1*] สุนทรีพร ศรีสมบุญ[1] ฉันทนา คงนคร[1] พนิดา แก้วกันหา[2] และ วิทย์สิณี ทองเขียว[2]

Papassorn Wattanakulpakin[1*], Soontreeporn Srisomboon[1], Chantana Khongnakorn[1], Panida Kaewkanha[2] and Witsini Thongkeaw[2]

บทคัดย่อ: สภาพอากาศที่แปรปรวนในปัจจุบันเป็นปัญหาสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง กรดซาลิไซลิก (salicylic acid; SA) เป็นสารประกอบในกลุ่มฟีโนลิกซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและชักนำให้พืชทนต่อสภาวะเครียดทั้งที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการไพรมิ่งด้วย SA ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ภายใต้สภาวะเครียดจากอุณหภูมิ ผลการทดลองพบว่าการไพรมิ่งด้วยสารละลาย SA 200 และ 300 ppm มีแนวโน้มทำให้เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อทดสอบที่อุณหภูมิสลับ 20-30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอก โดยพิจารณาจากระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกที่สั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตามความงอกมาตรฐานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี และเมื่อทดสอบความงอกและความแข็งแรงที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง พบว่าการไพรมิ่งด้วยสารละลาย SA 300 ppm ช่วยให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีความงอกสูงขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ โดยที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความงอกมาตรฐานสูงที่สุด (70%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (62%) อย่างไรก็ตามการไพรมิ่งด้วย SA ไม่สามารถชักนำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทนต่อสภาวะอุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียสได้

คำสำคัญ: เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ภาวะเครียดจากอุณหภูมิ กรดซาลิไซลิก ความงอก ความแข็งแรง

ABSTRACT: Currently, climate changes are the major concern on seed yield and quality of soybean. Salicylic acid (SA) is belonged to phenolic compounds which is linked to free radicles defensive mechanism and also induce biotic and abiotic stress in plant. This research was to study

---

[1] ศูนย์วิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ตำบลวังทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก 65130

[1] Phitsanulok Seed Research and Development Center, Wangthong, Phitsanulok, 65130

[2] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Maung, Phitsanulok, 65000

the effect of SA priming on germination and vigor of soybean 'Chiang Mai 60' seed under unfavorable temperature. The results showed that priming with 200 and 300 ppm SA tended to increase seed vigor under the favorable temperature at 20 - 30°C. This was indicated by the decrease in mean of germination time when compared to untreated control seed. However, there were not significantly differences in standard germination among primed and unprimed with seeds. The germination and vigor, moreover, were also examined under the low and high temperature. The experiment found that priming with 300 ppm SA promoted germination and vigor of soybean seed at low temperature that showed the highest standard germination (70%) at 10°C, and it was significantly different compared to untreated control seed (62%). Nevertheless, seed priming by SA could not induce high temperature tolerance up to 40°C.

Key words: Soybean seed, temperature stress, salicylic acid, germination, vigor

1. บทนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศและมีความต้องการใช้ตลอดทั้งปี แต่ปัจจุบันผลผลิตถั่วเหลืองไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดี เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่อ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อม เช่น ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวันสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง อุณหภูมิสูง การขาดน้ำ สภาวะแล้งจัด อีกทั้งในปัจจุบันได้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศโลกที่แปรปรวนส่งผลให้เกิดภาวะร้อนจัด หนาวจัด หรือที่เรียกว่า extreme weather อากาศร้อนมากขึ้นและฤดูแล้งยาวนานขึ้น ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Thuzar *et al.*, 2010) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 32 องศาเซลเซียส ทำให้การติดดอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองลดลงและการพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ช้าลงที่อุณหภูมิระหว่าง 30 - 40 องศาเซลเซียส (Thomas *et al.*, 2003) Gibson and Mullen (1996) พบว่าในสภาวะอุณหภูมิสูง 35 องศาเซลเซียส ต่อเนื่องเป็นเวลา 10 วัน ทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองลดลงถึง 27% นอกจากนี้สภาพอากาศที่แปรปรวน ส่งผลให้เกิดรอยร้าวหรือการปริแตก เชื้อราเข้าทำลาย เมล็ดเน่าเสีย ส่งผลให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ต่ำลง (นิลุบล และ ละอองดาว, 2547)

ภายใต้สภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid; SA) เป็นสารประกอบในกลุ่มฟีโนลิก (Shi *et al.*, 2005) จัดอยู่ในกลุ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Raskin, 1992) ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณให้พืชเกิดการตอบสนองหรือปรับตัวภายใต้สภาวะเครียดที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตเพื่อให้มีความต้านทานมากขึ้น โดยส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืช ซึ่ง SA ส่งผลต่อการเจริญและขยายตัวของเซลล์ การงอกและการเจริญของต้นกล้า รวมทั้งกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องต่อการสังเคราะห์ฟลาโวนอยด์และการสังเคราะห์แสง (Lee *et al.*, 1995; Vlot *et al.*, 2009;

Khalil *et al*., 2018) และ antioxidant enzymes ที่เกี่ยวข้องต่อการต้านอนุมูลอิสระ (Farooq *et al*., 2008) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า SA กระตุ้นให้ข้าวสาลี (Manzer *et al*., 2018) และถั่วเหลือง (Farhangi-Abriz and Ghassemi-Golezani, 2018) ทนต่อสภาวะดินเค็มได้ และช่วยให้พืชทนต่อสภาวะการขาดน้ำได้ใน common bean (Agostini *et al*., 2013) และข้าว (Shatpathy *et al*., 2018) SA ที่ความเข้มข้น 0.6 mM ส่งเสริมการเจริญของยอดและราก รวมทั้งพบการสะสมของเพคติน เซลลูโลส ลิกนิน และฟอสโฟไลปิดเพิ่มขึ้นในส่วนยอดและรากของต้นอ่อนถั่วเหลืองในสภาวะขาดน้ำ (Al-Hakimi, 2006) นอกจากนี้พบว่า SA ช่วยให้ข้าวโพดทนต่อสภาวะอุณหภูมิต่ำได้ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น (Janda *et al*., 1999) ในสภาวะอุณหภูมิสูงพบการสะสมของโพรลีนและน้ำตาลละลายได้สูงขึ้นในข้าวสาลีที่ไพรมิ่งด้วย SA ซึ่งสัมพันธ์กับการทนต่อสภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้น (Maboob *et al*., 2018) การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่รุนแรงขึ้นและยากต่อการคาดการณ์ในปัจจุบันและมีแนวโน้มที่จะรุนแรงขึ้นในอนาคต จึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่สามารถช่วยให้พืชทนต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนได้กว้างขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรดซาลิไซลิกต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายใต้อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองต่อไป

2. วิธีการศึกษา

สุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ระดับความแข็งแรงปานกลาง (ความงอกภายหลังการเร่งอายุอยู่ในช่วง 60-65%) จากนั้นนำมาทำไพรมิ่งด้วยกรดซาลิไซลิก (Salicylic acid, SA) ที่ความเข้มข้น 100 200 และ 300 ppm เปรียบเทียบกับการไพรมิ่งด้วยน้ำกลั่น (Hydroprimng) และชุดควบคุม (Untreated seed) โดยมีวิธีการดังนี้ นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมาห่อด้วยกระดาษชื้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำกลั่นและ SA ที่ความเข้มข้น 100 200 และ 300 ppm แล้วนำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ความชื้นเมล็ดพันธุ์ภายหลังการบ่มมีค่าระหว่าง 21.53 - 22.06% จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีมาลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นลดลงใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้นอยู่ในช่วง 10 - 11% นำเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีมาทดสอบความงอกและความแข็งแรงภายใต้อุณหภูมิต่ำ (Cold stress) ที่ 10 และ 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูง (Heat stress) ที่ 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับอุณหภูมิสลับ 20 - 30 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ทำการศึกษาวิจัย ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ตำบลวังทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

วิธีบันทึกผลการทดลอง

1) **ความชื้น** (Moisture test)

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมาบดหยาบด้วยเครื่องบด (Lab Mill 3310, Perten) อบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 17 ชม. ด้วยตู้อบลมร้อน (ISTA, 2019)

2) **ความงอกมาตรฐาน** (Standard Germination)

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เพาะในทรายที่อบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 6 ชม. จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด บ่มไว้ในห้องเพาะความงอก อุณหภูมิสลับ 20-30°C และประเมินความงอกภายหลังเพาะ 8 วัน (ISTA, 2019)

3) **ระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก** (Mean Germination Time)

ทดสอบเช่นเดียวกับความงอกมาตรฐาน (ข้อ 2) แต่นับต้นกล้าปกติตั้งแต่วันแรกที่สังเกตพบจนถึงวันสุดท้ายที่เมล็ดพันธุ์งอกเป็นต้นกล้าปกติ หน่วยเป็นวัน (Ellis and Roberts, 1980) คำนวณตามสูตร

$$\text{Mean Germination Time (day)} = \Sigma(G_t \times T_t) / \Sigma G_t$$

เมื่อ G_t คือ จำนวนต้นกล้าปกติในแต่ละวันหลังเพาะ, T_t คือ จำนวนวันหลังเพาะ

4) **ดัชนีอัตราความงอก** (Germination Rate Index)

ทดสอบเช่นเดียวกับความงอกมาตรฐาน (ข้อ 2) แต่นับต้นกล้าปกติตั้งแต่วันแรกที่สังเกตพบจนถึงวันสุดท้ายที่เมล็ดพันธุ์งอกเป็นต้นกล้าปกติ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (Esechi, 1994) คำนวณตามสูตร

$$\text{Germination Rate Index (\%/day)} = \Sigma((G_t / T_t) + \ldots\ldots + (G_n / T_n))$$

เมื่อ G_t คือ จำนวนต้นกล้าปกติในแต่ละวันหลังเพาะ, T_t คือ จำนวนวันหลังเพาะ

G_n คือ จำนวนต้นกล้าปกติในวันสุดท้ายของการนับ, T_n คือ จำนวนวันสุดท้ายของการนับ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ผ่านการทำไพรมิ่งด้วยน้ำกลั่น (hydropriming) และกรดซาลิไซลิก (salicylic acid, SA) ที่ความเข้มข้น 100 200 และ 300 ppm บ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้มีความชื้นใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น พบว่าเมล็ดพันธุ์มีความชื้นเท่ากับ 10.8, 11.1, 11.3 และ11.5เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (data not shown) จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทุกกรรมวิธีทดสอบความสามารถในงอกภายใต้อุณหภูมิสูงที่ 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำที่ 10 และ 15 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการทดสอบในสภาวะที่เหมาะสมคืออุณหภูมิสลับ 20 - 30 องศาเซลเซียส พบว่าความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิสลับ 20 - 30 องศาเซลเซียส ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความงอกอยู่ระหว่าง 75 - 83% (Table 1)

และเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปทดสอบความงอกที่อุณหภูมิสูง 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส ความสามารถในการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและไม่สามารถงอกได้เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียส (เมล็ดตาย 100%) นอกจากนี้การไพรมิ่งทุกกรรมวิธีทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีความสามารถในการงอกลดลงมากกว่าชุดควบคุมและลดลงมากยิ่งขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ชุดควบคุมมีความงอก 53% ในขณะที่การไพรมิ่งด้วย SA ทุกระดับความเข้มข้นมีความงอกอยู่ระหว่าง 31 - 33% และ hydropriming มีความงอกต่ำที่สุดเท่ากับ 16% (Table 1) ในทำนองเดียวกันดัชนีอัตราความงอกและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกให้ผลไปในทำนองเดียวกับความงอก กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นดัชนีอัตราความงอกลดลงและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกนานขึ้น (Table 2 และ 3) ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอก (20 - 30 องศาเซลเซียส) เมล็ดพันธุ์มีดัชนีอัตราความงอกระหว่าง 16.01-19.63% ต่อวัน โดยการไพรมิ่งด้วย SA 200 ppm มีค่าสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมและที่ SA ระดับความเข้มข้นอื่นๆ (Table 2) สำหรับระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกมีค่าอยู่ในช่วง 4.30-4.83 วัน ซึ่งการไพรมิ่งด้วย SA 200 และ 300 ppm ทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้เร็วที่สุดคือ 4.30 วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 4.50 วัน (Table 3) อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ดัชนีอัตราความงอกและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกทุกกรรมวิธีไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าการไพรมิ่งด้วย SA ทุกระดับความเข้มข้นและ hydropriming ไม่สามารถกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์มีความต้านทานต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ (Table 1 2 และ 3) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์จะเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (Horowitz and Taylorson, 1983) การดูดน้ำอย่างรวดเร็วทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้น ก่อให้เกิดการสะสมของอนุมูลอิสระ ส่งผลต่อความเสียหายเซลล์เมมเบรน ดีเอ็นเอ โปรตีน และเร่งการเกิด lipid peroxidation (Breusegem *et al.* 2001; Richter and Schweizer, 1997) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลงเมื่อทดสอบที่อุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์ที่ไพรมิ่งด้วย SA และน้ำกลั่น มีความงอกต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุมเมื่อทดสอบในสภาวะอุณหภูมิสูง อาจเนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่ทำไพรมิ่งเป็นเมล็ดที่ได้รับการเตรียมพร้อมความงอก ซึ่งการหายใจและขบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดพันธุ์เริ่มเกิดขึ้นแล้ว ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ชุดควบคุมยังไม่ได้รับการเตรียมพร้อม เมื่อเมล็ดพันธุ์ที่ไพรมิ่งได้รับความชื้นที่อุณหภูมิสูง อาจส่งผลต่อการเร่งขบวนการทางชีวเคมีที่สูงขึ้นและเกิดการสะสมอนุมูลอิสระภายในเซลล์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม และแม้ว่าการไพรมิ่งจะสามารถกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระได้แต่อาจไม่เพียงพอต่อการขจัดอนุมูลอิสระภายในเซลล์ที่เกิดขึ้น จึงส่งผลให้เซลล์เมมเบรน ดีเอ็นเอ หรือ โปรตีน เกิดความเสียหาย ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลงหรือไม่สามารถงอกได้ (Çavusoglu and Kabar, 2010) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการไพรมิ่งในสภาวะเครียด จึงอาจต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อนำมาอธิบายผลการทดลองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สำหรับที่อุณหภูมิต่ำพบว่าความสามารถในการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงตามอุณหภูมิที่ต่ำลง โดยที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส การไพรมิ่งด้วย SA 200 และ 300 ppm ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกเท่ากับ 86% เท่ากัน และ hydropriming มีค่าเท่ากับ 84% ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (87%) อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส การไพรมิ่งด้วย SA 300 ppm มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดเท่ากับ 70% และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (62%) (Table 1) การที่ SA สามารถกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้นอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมี ดังรายงานของ Farooq *et al.* (2008) พบว่าการไพรมิ่งด้วย SA กระตุ้นให้กิจกรรมของ antioxidant enzymes ได้แก่ catalase superoxide dismutase และ ascorbate peroxidase สูงขึ้นส่งผลให้ข้าวโพดสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้น นอกจากนี้พบว่าในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ SA กระตุ้นให้ดีไฮโดรจีเนสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหายใจมีกิจกรรมสูงขึ้นส่งผลให้ต้นกล้าทานตะวันมีความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้น (Gornik *et al.*, 2014) นอกจากนี้อุณหภูมิที่ต่ำลงทำให้ดัชนีอัตราความงอกลดลงและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกมากขึ้น แม้ว่าความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าไม่ต่างจากอุณหภูมิสลับ 20-30 องศาเซลเซียส แต่ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงมากกว่าโดยพิจารณาจากดัชนีอัตราความงอกที่ลดลงอยู่ระหว่าง 9.58-10.60% ต่อวัน (Table 2) และเมล็ดพันธุ์ใช้เวลาในการงอกนานขึ้นเท่ากับ 8.28-8.33 วัน (Table 3) ในขณะที่อุณหภูมิที่เหมาะสมเมล็ดพันธุ์มีดัชนีอัตราความงอกและระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกอยู่ในช่วง 16.01-19.63% ต่อวัน และ 4.30-4.83 วัน ตามลำดับ (Table 2 และ 3) สำหรับที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ดัชนีอัตราความงอกลดลงมีค่าเท่ากับ 6.55-7.74% ต่อวัน และมีระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกนานขึ้นมีค่าระหว่าง 8.82 - 9.29 วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี (Table 2 และ 3)

จากผลการทดลอง การไพรมิ่งด้วย SA ความเข้มข้น 300 ppm ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง สามารถงอกในสภาวะอุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้นโดยมีความงอกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายหลังการไพรมิ่งด้วย SA ภายใต้สภาวะเครียด ซึ่งควรทำการศึกษาต่อเพื่อยืนยันผลการทดลองและอาจเพิ่มความเข้มข้นของ SA รวมถึงปรับปรุงวิธีการไพรมิ่งอาจช่วยให้ผลการทดลองมีความชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองต่อไป

Table 1 Standard germination of primed soybean seed cv. Chiangmai 60 with or without salicylic acid (SA) under temperature stress

Priming Treatments	Standard Germination (%) [1/]					
	Temperature (°C)					
	40	35	30	20 - 30	15	10
Untreated seed	0	53a	53	83	87a	62b
Hydropriming	0	16c	42	75	84ab	60b
100 ppm SA	0	33b	50	76	79b	62b
200 ppm SA	0	31b	46	83	86a	64ab
300 ppm SA	0	32b	43	80	86a	70a
F-Test	ns	**	ns	ns	*	*
C.V. (%)	0.00	12.87	15.16	7.15	4.09	8.16

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$ by DMRT

Table 2 Germination rate Index of primed soybean seed cv. Chiangmai 60 with or without salicylic acid (SA) under temperature stress

Priming Treatments	Germination Rate Index (%/day)[1/]					
	Temperature (°C)					
	40	35	30	20 - 30	15	10
Untreated seed	0	6.66a	6.66	18.75ab	10.60a	6.92
Hydropriming	0	1.94c	5.22	16.01b	10.16ab	6.55
100 ppm SA	0	4.06b	6.19	17.64ab	9.58b	7.07
200 ppm SA	0	3.81b	5.78	19.63a	10.44a	7.15
300 ppm SA	0	3.94b	5.38	18.97a	10.44a	7.74
F-Test	ns	**	ns	**	*	ns
C.V. (%)	0.00	12.87	15.16	6.92	3.91	8.24

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$ by DMRT

Table 3 Mean germination time of primed soybean seed cv. Chiangmai 60 with or without salicylic acid (SA) under temperature stress

Priming Treatments	Mean Germination Time (days)[1/]					
	Temperature (°C)					
	40	35	30	20 - 0030	15	10
Untreated seed	0	8.00	8.00	4.50b	8.28	9.05
Hydropriming	0	8.00	8.00	4.83a	8.33	9.29
100 ppm SA	0	8.00	8.00	4.37bc	8.29	8.82
200 ppm SA	0	8.00	8.00	4.30c	8.29	9.03
300 ppm SA	0	8.00	8.00	4.30c	8.29	9.20
F-Test	ns	ns	ns	**	ns	ns
C.V. (%)	0.00	0.00	0.00	2.34	1.10	2.79

[1/] Mean in the same column followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$ by DMRT

4. สรุป

การไพรมิ่งเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ด้วย SA ที่ความเข้มข้น 100 200 และ 300 ppm เปรียบเทียบกับ hydropriming และชุดควบคุม พบว่าการไพรมิ่งด้วยสารละลาย SA 300 ppm ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำที่ 10 องศาเซลเซียส โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงมากกว่าชุดควบคุมและกรรมวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามการไพรมิ่งด้วย SA ที่ระดับความเข้มข้น 100-300 ppm และ hydropriming ไม่สามารถทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทนต่ออุณหภูมิสูงตั้งแต่ 30 องศาเซลเซียส ได้

5. เอกสารอ้างอิง

นิลุบล ทวีกุล และ ละอองดาว แสงหล้า. 2547. **วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง.** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

Agostini, E.A.T, N.B. Machado-Neto and C.C. Custódio. 2013. Induction of water deficit tolerance by cold shock and salicylic acid during germination in the common bean. **Maringá**. 35: 209-219.

Al-Hakimi., A.M.A. 2006. Counteraction of drought stress on soybean plants by seed soaking in salicylic acid. **Int. J. of Bot.** 2: 421-426.

Breusegem, F.V., E. Vranova, J.F. Dat and D. Inze. 2001. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Sci.** 161: 405-414.

Çavusoglu, K. and K. Kabar. 2010. Effects of hydrogen peroxide on the germination and early seedling growth of barley under NaCl and high temperature stresses. **EurAsia J. BioSci.** 4: 70-79.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Ann. Bot.** 45:13-30.

Esechi, H. 1994. Interaction of salinity and temperature on hthe germination of sorghum. **J. Agro. And Crop. Sci.** 172: 194-199.

Farhangi-Abriz, S. and K. Ghassemi-Golezani. 2018. How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants?. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 147: 1010-1016.

Farooq, M., T. Aziz, S.M.A. Basra, M.A. Cheema, H. Rehman. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. **J. Agro. and Crop. Sci.** 194: 161-168.

Gibson, L.R. and R.E. Mullen.1996. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. **Crop Sci.** 36: 1615-1619.

Gornik K., A. Badowiec, S. Weidner. 2014. The effect of seed conditioning, short-term heat shock and salicylic, jasmonic acid or brasinolide on sunflower (*Helianthus annuus* L.) chilling resistance and polysome formation. **Acta Physiol. Plant.** 36: 2547–2554.

Horowitz, M. and R.B. Taylorson. 1983. Effect of high temperatures on imbibition, germination, and thermal death of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seeds. **Canadian J. of Bot.** 61: 2269-2276.

ISTA. 2019. **International Rules for Seed Testing.** International Seed Testing Association. Bassesdorf, Switzerland.

Janda, T.,G. Szalai, I. Tari and E. Paldi. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. **Planta.** 208: 175-180.

Khalil, N., M. Fekry, M. Bishr, S. El-Zalabani and O. Salama. 2018. Foliar spraying of salicylic acid induced accumulation of phenolics, increased radical scavenging activity and modified the composition of the essential oil of water stressed *Thymus vulgaris* L. **Plant Physiol. and Biochem.** 123: 65-74.

Lee, H., J. Leon and I. Raskin. 1995. Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA.** 92: 4076-4079.

Mahboob, W., M.A. Khan, M.U. Shirazi, Summiya Faisal, Asma and Saba Mumtaz. 2018. Seed priming induced high temperature tolerance in wheat by regulating germination metabolism and physio-biochemical properties. **Int. J. Agric. Biol.** 20: 2140-2148.

Manzer, H.S., A.A. Saud, Y.A. Mutahhar and M.A. Hayssam. 2018. Response of salicylic acid on seed germination and physio-biochemical changes of wheat under salt stress. **Acta Sci. Agricul.** 2: 36-42.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. **Ann. Rev. Plant Physiology and Plant Molecular Biology.** 43: 439-463.

Richter, C. and M. Schweizer. 1997. Oxidative stress in mitochondria, pp.169-200. *In* J.G. Scandalios, ed. **Oxidative stress and the molecular biology of antioxidant defenses.** Cold Spring Harbor Laboratory, New York.

Shatpathy, P., K. Manoranjan, S. K. Dwibedi and A. Dash. 2018. Seed priming with salicylic acid improves germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) under PEG-6000 induced water stress. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.** *7*: 907-924.

Shi, Q., Z. Bao, Z. Zhu, Q. Ying, Q. Qian. 2005. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. **Russ. J. Plant Physiol.** 52: 793-800.

Thomas, J.M.G., K.J. Boote, L.H. Allen, Jr. M.Gallo- Meagher and J.M.Davis. 2003. Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed germination and transcript abundance. **Crop Sci.**, 43: 1548-1557.

Thuzar, M.A., B. Puteh, N.A.P. Abdullah, M.B. Mohd. Lassim and J. Kamaruzaman. 2010. The effects of temperature stress on the quality and yield of soya bean *(Glycine max* L. Merrill.) **J. Agricul. Sci.** 2: 172-179.

Vlot, A.C., D.A. Dempsey and D.F. Klessig. 2009. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. **Annu. Rev. Phytopathol.** 47: 177-206.