

# การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวานหลังการกระตุ้นความงอก ด้วยวิธี seed priming

## Changing of Seed Quality of Sweet Pepper as Affected by Priming Technique

พจนา สีขาว, ชินานัตย์ ไกรนารต และ บุญมี สิริ<sup>1\*</sup>

Potjana Srikaow, Chinanat Krainart and Boonmee Siri<sup>1\*</sup>

**บทคัดย่อ:** การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวานจากการกระตุ้นการงอกของเมล็ดด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยนำเมล็ดพันธุ์พริกหวานมาทำให้มีคุณภาพในระดับต่างๆ ด้วยการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 42 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 100 % เป็นเวลา 10 วัน โดยนำเมล็ดออกจากตู้เร่งอายุทุกๆ วัน จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเร่งอายุและผ่านการเร่งอายุนาน 3 และ 6 วัน มากระตุ้นความงอกโดยแช่เมล็ดด้วยสารเคมีในความเข้มข้นและเวลาต่างกัน 8 วิธี คือ 1) Vitamin C ความเข้มข้น 200 mg/l เป็นเวลา 12 ชั่วโมง 2) Polyethylene glycol 6000 (-1.5 MPa) เป็นเวลา 6 วัน 3) KNO<sub>3</sub> ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง 4) NaCl ความเข้มข้น 200 nM เป็นเวลา 12 ชั่วโมง 5) KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 12 ชั่วโมง 6) KCl ความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 12 ชั่วโมง 7) KNO<sub>3</sub> ความเข้มข้น 1% ร่วมกับ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ 8) สารทางการค้า ความเข้มข้น 2 ซีซีต่อลิตร เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยการแช่สารละลายแต่ละชนิดที่อุณหภูมิ 15 °ซ หลังจากนั้นเลือกสารเคมีที่ทำให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานมีความงอกหรือความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้น เพื่อทดลองใช้วิธีการทำ seed priming ที่เหมาะสม ประกอบด้วย 1) Vitamin C ความเข้มข้น 200 mg/l เป็นเวลา 12 ชั่วโมง 2) Polyethylene glycol 6000 ค่าความต่างศักย์ -1.5 MPa เป็นเวลา 6 วัน 3) KNO<sub>3</sub> ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ 4) KNO<sub>3</sub> ความเข้มข้น 1% ร่วมกับ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยการแช่สารละลายแต่ละชนิดที่อุณหภูมิ 15 °ซ หลังกระตุ้นความงอกด้วยวิธีการต่างๆ พบว่า การกระตุ้นความงอกของเมล็ดด้วยทุกวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น โดยการกระตุ้นความงอกด้วย Vitamin C และ KNO<sub>3</sub> ร่วมกับ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เพาะในห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้วิธีอื่น (P<0.01) เมื่อกระตุ้นความงอกของเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลานาน 3 วัน ด้วย Vitamin C พบการเปลี่ยนแปลงของ % ความงอกที่เพิ่มขึ้น 15 % (P<0.01) สำหรับเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเป็นเวลา 6 วัน และนำมากระตุ้นความงอกด้วย KNO<sub>3</sub> ร่วมกับ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> พบการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความงอกที่เพิ่มขึ้นถึง 17 % เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก (P<0.01) (**คำสำคัญ:** พริกหวาน, เมล็ดพันธุ์พริกหวาน, การกระตุ้นการงอก, สารเคมี, คุณภาพของเมล็ดพันธุ์)

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resources Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

\* Corresponding author: boonmee@kku.ac.th

**ABSTRACT:** The objective of this experiment focused on the effect of seed priming methods on sweet pepper seeds after accelerated aging. The experiment was conducted at Seed Technology Laboratory at Seed Processing Plant, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. The sweet pepper seeds were accelerated aging at 42°C with relative humidity 100% for 10 days. Seed samples were taken on 0, 3 and 6 days and then soaked in priming solutions at 15°C. The eight different chemical solutions with optimum concentration and soaking time were: 1) 200 mg/L Vitamin C for 12 hours, 2) -1.5 MPa PEG6000 for 6 days, 3) 3% KNO<sub>3</sub> for 6 hours, 4) 200nM NaCl for 12 hours, 5) 1% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> for 12 hours, 6) 2% KCl for 12 hours, 7) 1% KNO<sub>3</sub> mixed with 1% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> for 6 hours and 8) 2cc/litre commercial chemical for 4 hours. The best selected chemical solution enhancing seed germination and germination index were: 1) 200 mg/L Vitamin C for 12 hours, 2) -1.5 MPa PEG6000 for 6 days, 3) 3% KNO<sub>3</sub> for 6 hours, and 4) 1% KNO<sub>3</sub> mixed with 1% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> for 6 hours.; soaked in priming solution at 15°C. The results showed that all conditions of seed priming significantly enhanced seed germination and germination index (P<0.01). Moreover, priming seeds with 200 mg/L Vitamin C and 1% KNO<sub>3</sub> with 1% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> had higher germination percentage in both laboratory and field conditions than other methods. Three day accelerated aging seeds and primed seeding with the Vitamin C solution had higher germination percentage by 15% (P<0.01). For low germination seeds after 6 day accelerated aging, the prime seeding with KNO<sub>3</sub> mixed with 1% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> had higher germination percentage by 17 % compared to non-primed seeds (P<0.01). (**Keywords:** sweet pepper seeds (*Capsicum annuum* L.), seed priming, chemical solutions, seeds quality)

## บทนำ

เมล็ดพันธุ์เป็นจุดเริ่มต้นของความสำเร็จในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจส่วนใหญ่ การงอกของเมล็ดพันธุ์จนได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์ถือได้ว่าเป็นช่วงเวลาที่สำคัญในวงจรชีวิตของพืช เนื่องจากเมล็ดพันธุ์นั้นเจริญเติบโตภายใต้ปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่หลากหลาย ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต (Bray, 1995) เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกในแปลงพร้อมกันอาจมีความงอกและความสม่ำเสมอในการงอกที่แตกต่างกัน เมล็ดพันธุ์ที่แข็งแรงยอมใช้เวลาในการงอกเป็นต้นกล้าได้รวดเร็วกว่า ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี คือ มีความงอก สามารถงอกได้อย่างรวดเร็ว สม่ำเสมอและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตในการผลิตพืช

เมล็ดพันธุ์พริกหวานเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีมูลค่าสูง แต่มีการเสื่อมคุณภาพค่อนข้างรวดเร็ว สาเหตุของการเสื่อมคุณภาพอาจเกิดจากกระบวนการผลิต และการเสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติ (Basavaraja et al., 1998) ซึ่งจะส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความสม่ำเสมอในการงอกต่ำ การทำ Seed Priming เป็นวิธีการที่ดีในการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทางสรีรวิทยาให้ดีขึ้น (Bray, 1995; McDonald, 2000) และวิธีนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงการงอกของเมล็ดพันธุ์ เพื่อช่วยเพิ่มอัตรา

และความสม่ำเสมอในการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชผักและไม้ดอกหลายชนิด (Parera and Cantiffe, 1994) Korhmarz (2005) รายงานว่าการทำ priming เมล็ดพันธุ์พริกหวานด้วย KNO<sub>3</sub> ร่วมกับ 0.1 mM ASA ทำให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด และเป็นไปในทางเดียวกันกับอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า และ Hsu S.T. et al. (2005) พบว่า การทำ priming เมล็ดพันธุ์พริกด้วย -0.8 และ -1.0 MPa PEG<sub>6000</sub> ที่อุณหภูมิ 20 °ซ เป็นเวลา 7 และ 9 วัน ทำให้อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกสูงที่สุด นอกจากนี้ Saleh et al. (1996) ทดลองการทำ priming กับเมล็ดพันธุ์พริกหวานลูกผสมพันธุ์ Gedeon ด้วย CaCl<sub>2</sub> และ KNO<sub>3</sub> มีผลให้เมล็ดพันธุ์มีการเจริญเติบโตของต้นกล้าสูงสุด และ CaCl<sub>2</sub> ให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงสุด และพีระยศ (2546) รายงานว่าการแช่เมล็ดพันธุ์พริกหวานด้วยวิตามินซีเป็นเวลาานาน 12 ชั่วโมง ทำให้ความงอก และดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่เพาะในสภาพเรือนทดลองสูงที่สุด แต่การทำ Seed Priming ให้สำเร็จขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย พันธุ์พืช อายุของเมล็ดพันธุ์ ระยะเวลาในการแช่เมล็ด อุณหภูมิ ชนิด และความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ (Basu and Pal, 1979; Berjak and Villiers, 1972; Parera and Cantiffe, 1994) ในการทดลองนี้จึงได้ศึกษาผลของการทำ seed priming ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน

## วิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์พริกหวานพันธุ์ TPP004 ณ พื้นที่ปลูกผลิตเมล็ดพันธุ์พริกหวานของเกษตรกรร่วมมือ บ้านนาโพธิ์ อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร นำมาเร่งอายุ ที่อุณหภูมิ 42 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100 % แล้วสุ่มตัวอย่างทุกๆ 24 ชั่วโมง จนถึง 240 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแล้ว มาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เบื้องต้นแล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านและผ่านการเร่งอายุ 3 และ 6 วัน โดยมีคุณภาพสูง ปานกลางและต่ำไปทำ seed priming

### การทดลองที่ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวานหลังการกระตุ้นความงอกของเมล็ด

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี priming ที่อุณหภูมิ 15 °ซ โดยใช้สารเคมี 8 ชนิด คือ 1) Vitamin C 200 mg/L นาน 12 ชั่วโมง 2) Polyethylene glycol 6000 ความต่างศักย์ -1.5 MPa นาน 6 วัน 3) KNO<sub>3</sub> 3% นาน 6 ชั่วโมง 4) NaCl 200 mM นาน 12 ชั่วโมง 5) KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1% นาน 12 ชั่วโมง 6) KCl 2% นาน 12 ชั่วโมง 7) KNO<sub>3</sub> 1% ร่วมกับ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1% นาน 6 ชั่วโมง และ 8) สารทางการค้า 2 ซีสต์ต่อลิตร นาน 4 ชั่วโมง โดยนำเมล็ดพริกหวานที่ไม่ผ่านและผ่านการเร่งอายุ 3 และ 6 วัน ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเทสารละลายที่เตรียมจากสารเคมีแต่ละชนิดตามความเข้มข้นที่กำหนด ปิดปากบีกเกอร์แก้วด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟลอยด์ และนำไปไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิตามระยะเวลาที่กำหนด เมื่อครบเวลาแล้วจึงล้างเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำเปล่าแบบไหลผ่านประมาณ 3 นาที แล้วผึ่งให้แห้งจนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลงเหลือ 7-8 % แล้วจึงนำเมล็ดพันธุ์ไปตรวจสอบคุณภาพในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความงอกและความเร็วในการงอกในห้องปฏิบัติการ

### การทดลองที่ 2 การทดลองใช้วิธีการทำ seed priming ที่เหมาะสม

โดยทดลองใช้วิธีการทำ seed priming ที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 ที่สามารถทำให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานมีความงอก หรือความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้น โดยใช้เมล็ดพันธุ์และวิธีการทดลองตามรายละเอียดของการทดลองที่ 1 แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความงอกและความเร็วในการงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง

### การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

ตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่เพาะในห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง โดยสุ่มนับเมล็ดจำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด แล้วประเมินผลของความงอกหลังเพาะเมื่ออายุ 7 และ 14 วัน โดยการตรวจนับต้นกล้าที่งอกปกติและหาค่าความเร็วในการงอกของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง (ISTA, 2004) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยวิเคราะห์ตามวิธีของการทดลองแบบ CRD ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. **คุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวานหลังการเร่งอายุ**  
การศึกษาการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์พริกหวานแล้วตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ พบว่าความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากได้ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน และทำให้ความงอกของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการลดลงเมื่อระยะเวลาการเร่งอายุนานขึ้นซึ่งสอดคล้องกับความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงจากวิธีการเร่งอายุ เมล็ดพันธุ์ไอน้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำแล้วซึมเข้าสู่เมล็ด และเมื่อระยะเวลาในการเร่งอายุเมล็ดเพิ่มขึ้น ความชื้น

ของเมล็ดพันธุ์จึงเพิ่มขึ้นด้วย ในสภาพที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูงจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมซึ่งมีผลทำให้การทำงานของเอนไซม์สูงขึ้นเกิดกระบวนการ Peroxidation ซึ่งจะปลดปล่อยอนุมูลอิสระซึ่งเป็นอนุมูลที่พยายามดึงอิเล็คตรอนจากไฮโดรเจนของชีวโมเลกุลอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ลิพิด และโปรตีนที่เป็นอาหารที่สะสมภายในเมล็ดถูกย่อย และมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ทำให้เกิดผลเสียต่อโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ โดยเฉพาะเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารต่างๆ ออกจากเมล็ด ส่งผลให้ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดลดลง (McDonald, 2000) ซึ่งเมื่อนำเมล็ดดังกล่าวมาทดสอบพบว่า มีอัตราการงอกต่ำ และอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าช้าหรืออ่อนแอ รวมทั้งมีต้นกล้าที่ผิดปกติ (วันชัย, 2538) (Table 1)

## 2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวานหลังการกระตุ้นความงอกของเมล็ด

จาก Table 2 พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเร่งอายุเมื่อผ่านการทำ priming ให้เมล็ดพันธุ์ มีความงอกในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการทำ priming ยกเว้นเพียงสารเคมีทางการ

ค้าเท่านั้นที่แตกต่างทางสถิติ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ 3 วัน และกระตุ้นความงอกด้วย  $KNO_3$  และ  $KNO_3$  ร่วมกับ  $KH_2PO_4$  พบว่ามีผลทำให้ความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงของความงอกที่เพิ่มขึ้นถึง 13% และ 12% ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับการ priming ด้วยกรรมวิธีอื่นยกเว้นเมล็ดที่ไม่ผ่านการ priming และทำ priming ด้วย PEG6000 สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ 6 วัน เมื่อกระตุ้นความงอกเมล็ดด้วย PEG6000 มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกสูงสุด และพบการเปลี่ยนแปลงของความงอกที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 19% ไม่แตกต่างกับการใช้ Vitamin C แต่แตกต่างกับเมล็ดที่ priming ด้วยทุกกรรมวิธีและเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming (Table 2)

ส่วนความเร็วในการงอกในห้วงปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน ภายหลังจากการทำ priming ด้วยกรรมวิธีต่างๆ พบว่ากรรมวิธีที่มีผลทำให้เมล็ดที่ไม่ผ่านการเร่งอายุมีความเร็วในการงอกสูงสุดคือ เมล็ดที่กระตุ้นความงอกด้วย  $KNO_3$  เพิ่มขึ้นจากเมล็ดที่ไม่ทำ priming มีค่าเท่ากับ 2.56 ซึ่งแตกต่างกับทุกกรรมวิธี ยกเว้นการใช้ Vitamin C และ PEG6000 ส่วนเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน เมื่อกระตุ้นความงอกเมล็ดด้วย  $KNO_3$  ร่วมกับ  $KH_2PO_4$  และ  $KNO_3$  มีผลทำให้เมล็ด

Table 1 Moisture content, germination and germination index of sweet pepper seeds after accelerated aging 10 days.

| Accelerated aging (day) | Moisture Content <sup>1/</sup> (%) | Germination <sup>1/</sup> (%) | Germination Index <sup>1/</sup> |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 0                       | 7.24i                              | 96.66a                        | 7.90a                           |
| 1                       | 11.63h                             | 96.00a                        | 7.90a                           |
| 2                       | 13.84g                             | 92.66b                        | 7.71a                           |
| 3                       | 23.26f                             | 76.00c                        | 5.43b                           |
| 4                       | 25.27e                             | 72.00d                        | 5.14bc                          |
| 5                       | 26.23d                             | 68.66e                        | 4.90c                           |
| 6                       | 26.83c                             | 68.33e                        | 4.88c                           |
| 7                       | 27.54b                             | 55.66f                        | 3.97d                           |
| 8                       | 27.70b                             | 53.00fg                       | 3.78d                           |
| 9                       | 28.19a                             | 52.00g                        | 3.71d                           |
| 10                      | 28.29a                             | 43.00h                        | 3.07e                           |
| F-test                  | **                                 | **                            | **                              |
| C.V.(%)                 | 1.17                               | 2.59                          | 4.00                            |

\*\* significant at  $P \leq 0.01$ .

<sup>1/</sup>Means within the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT.

มีความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แตกต่างกับ เมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming และเมล็ดที่ priming ด้วย PEG6000 และสารทางการค้า และเมื่อเทียบเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอกกับเมล็ดที่กระตุ้นความงอกด้วย

PEG6000 มีผลทำให้เมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ 6 วัน มีความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้นสูงสุด โดยเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 1.38 (Table 3)

**Table 2** Germination and change of germination in laboratory on non-primed and primed sweet pepper seed with different methods.

| Methods  | Germination <sup>1/</sup> (%)    |          |           | Change of Germination (%)        |       |       |
|--|----------------------------------|----------|-----------|----------------------------------|-------|-------|
|  | Accelerated aging periods (days) |          |           | Accelerated aging periods (days) |       |       |
|  | 0                                | 3        | 6         | 0                                | 3     | 6     |
| Control  | 95.33 a                          | 76.33 cd | 68.66 cd  | 0                                | 0     | 0     |
| Vitamin C  | 93.00 ab                         | 84.66 ab | 82.33 ab  | -2.33                            | 8.33  | 13.67 |
| PEG6000  | 93.00 ab                         | 71.00 d  | 88.00 a   | -2.33                            | -5.33 | 19.34 |
| KNO <sub>3</sub>                                   | 94.66 a                          | 89.33 a  | 72.33 cd  | -0.67                            | 13.00 | 3.67  |
| NaCl   | 92.33 ab                         | 86.00 ab | 73.00 bcd | -3.00                            | 9.67  | 4.34  |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                    | 94.66 a                          | 87.66 ab | 75.66 bc  | -0.67                            | 11.33 | 7.00  |
| KCl  | 90.66 ab                         | 84.00 ab | 71.33 cd  | -4.67                            | 7.67  | 2.67  |
| KNO <sub>3</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | 91.00 ab                         | 89.00 a  | 78.00 bc  | -4.33                            | 12.67 | 9.34  |
| Commercial Chemical                                | 86.33 b                          | 81.00 bc | 65.00 d   | -9.00                            | 4.67  | 12.34 |
| F-test   | ns                               | **       | **        | -                                | -     | -     |
| C.V.(%)  | 3.90                             | 4.28     | 6.77      | -                                | -     | -     |

ns and \*\* non-significant and significant at P≤0.01.

<sup>1/</sup>Means within the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT.

**Table 3** Germination index and change of germination index in laboratory on non-primed and primed sweet pepper seed with different methods.

| Methods  | Germination index <sup>1/</sup>  |         |          | Change of Germination index      |       |       |
|--|----------------------------------|---------|----------|----------------------------------|-------|-------|
|  | Accelerated aging periods (days) |         |          | Accelerated aging periods (days) |       |       |
|  | 0                                | 3       | 6        | 0                                | 3     | 6     |
| Control  | 9.81 de                          | 5.45 cd | 4.90 cd  | 0                                | 0     | 0     |
| Vitamin C  | 11.67 ab                         | 6.04 ab | 5.88 ab  | 1.86                             | 0.59  | 0.98  |
| PEG6000  | 11.24 abc                        | 5.07 d  | 6.28 a   | 1.43                             | -0.38 | 1.38  |
| KNO <sub>3</sub>                                   | 12.37 a                          | 6.38 a  | 5.16 cd  | 2.56                             | 0.93  | 0.26  |
| NaCl   | 11.05 bcd                        | 6.14 ab | 5.21 bcd | 1.24                             | 0.69  | 0.31  |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                    | 10.15 cde                        | 6.26 ab | 5.40 bc  | 0.34                             | 0.81  | 0.50  |
| KCl  | 10.95 bcd                        | 6.00 ab | 5.09 cd  | 1.14                             | 0.55  | 0.19  |
| KNO <sub>3</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | 9.45 e                           | 6.35 a  | 5.57 bc  | 0.36                             | 0.90  | 0.67  |
| Commercial Chemical                                | 9.25 e                           | 5.78 bc | 4.64 d   | 0.56                             | 0.33  | -0.26 |
| F-test   | **                               | **      | **       | -                                | -     | -     |
| C.V.(%)  | 6.56                             | 4.27    | 6.74     | -                                | -     | -     |

\*\* significant at P≤0.01.

<sup>1/</sup>Means within the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT.

และเมื่อเลือกสารเคมีที่เหมาะสมที่สามารถทำให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานมีความงอก หรือความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าจากภาพ A, B, C และ D แสดงการเปรียบเทียบความงอกของเมล็ดหลังผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสม ภาพซ้ายคือเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก ภาพขวาคือเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย Vitamin C, Polyethylene glycon 6000, Potassium nitrate และ Potassium nitrate ร่วมกับ Potassium dihydrogen orthophosphate ตามลำดับ พบว่าเมล็ดที่กระตุ้นการงอกด้วยทุกกรรมวิธีทำให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานมีความงอกและความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก โดยเฉพาะเมล็ดที่กระตุ้นความงอกด้วยวิตามินซี รองลงมาคือ Potassium nitrate ร่วมกับ Potassium dihydrogen orthophosphate, Potassium nitrate และ Polyethylene glycon 6000 ตามลำดับ (Figure 1)

### 3. การทดลองใช้วิธีการทำ seed priming ที่เหมาะสม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวานโดยการทำ seed priming พบว่า การกระตุ้นความงอกเมล็ดที่ไม่ผ่านการเร่งอายุด้วยทุกวิธีการ ทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น ยกเว้นการใช้ PEG6000 และมีเพียงการใช้ Vitamin C และ  $\text{KNO}_3$  ร่วมกับ  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  เท่านั้นที่แตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงของ%ความงอกที่เพิ่มขึ้นถึง 6.66 และ 6.00 % ตามลำดับ เช่นเดียวกับกับการกระตุ้นความงอกของเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลานาน 3 วัน โดยแตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming ทุกวิธีการยกเว้นการใช้ PEG6000 และเมื่อกระตุ้นความงอกของเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ 6 วัน ด้วย  $\text{KNO}_3$  ร่วมกับ  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ทำให้เมล็ดมีความงอกมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกับเมล็ดที่ priming ด้วยทุกวิธีการและเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming โดยสูงกว่าความงอกของ

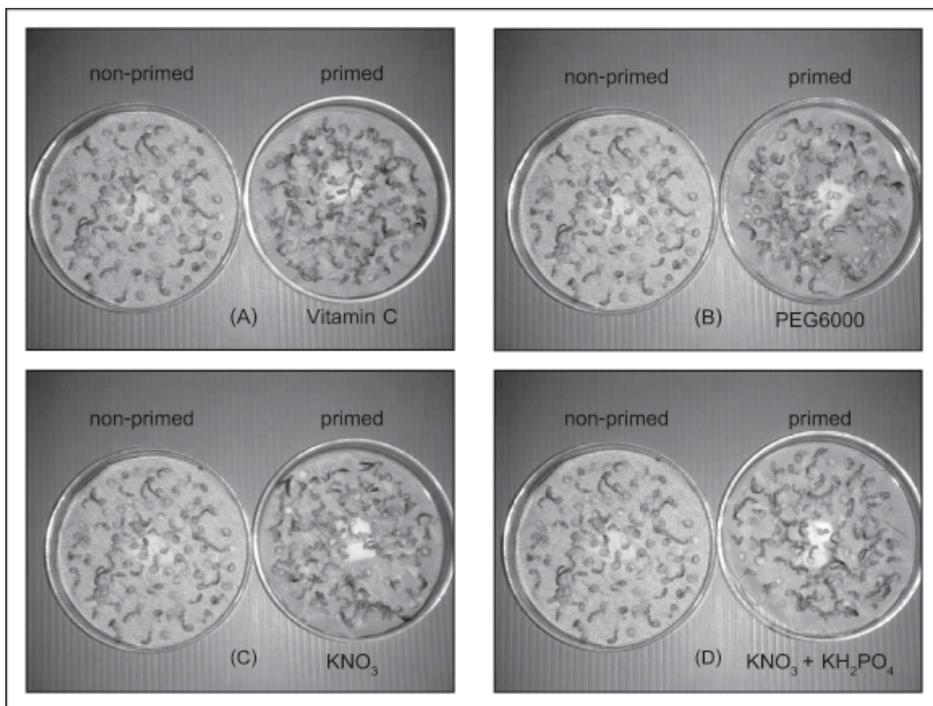


Figure 1 Germination of non-primed and primed sweet pepper seed with (A) Vitamin C (B) PEG6000 (C)  $\text{KNO}_3$  (D)  $\text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$

เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการทำ priming ถึง 17 % สอดคล้องกับงานทดลองของ พจนา และบุญมี (2550) ที่พบว่าการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานด้วย  $KNO_3$  ร่วมกับ  $KH_2PO_4$  ทำให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานมีความงอกที่เพาะในห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้สารเคมีชนิดอื่นๆ (Table 4)

เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง พบว่าการกระตุ้นความงอกเมล็ดที่ไม่ผ่านการเร่งอายุด้วยทุกวิธีการทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและพบความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความงอกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียว

กัน ส่วนการกระตุ้นความงอกของเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ 6 วัน ด้วยทุกวิธีการทำให้ความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นทุกวิธีการเช่นเดียวกัน ซึ่งแตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming โดยการใช้ Vitamin C และ  $KNO_3$  ร่วมกับ  $KH_2PO_4$  ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกมากกว่าการใช้วิธีอื่นและแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงของความงอกที่เพิ่มขึ้นถึง 21 และ 18.33 % ตามลำดับ สอดคล้องกับงานทดลองของ บุญมี และคณะ (2549) ได้พบว่า การแช่เมล็ดพันธุ์พริกหวานลูกผสมด้วย Vitamin C ทำให้ % ความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น 5.50 % (Table 5)

Table 4 Germination and change of germination in laboratory on non-primed and primed sweet pepper seed with different methods.

| Methods            | Germination <sup>1/</sup> (%)    |          |          | Change of Germination (%)        |       |       |
|--------------------|----------------------------------|----------|----------|----------------------------------|-------|-------|
|                    | Accelerated aging periods (days) |          |          | Accelerated aging periods (days) |       |       |
|                    | 0                                | 3        | 6        | 0                                | 3     | 6     |
| Control            | 90.00 b                          | 74.00 b  | 68.66 c  | 0                                | 0     | 0     |
| Vitamin C          | 96.66 a                          | 89.00 a  | 74.00 b  | 6.66                             | 15.00 | 5.34  |
| PEG6000            | 88.33 b                          | 74.66 b  | 71.00 bc | -1.67                            | 0.66  | 2.34  |
| $KNO_3$            | 92.33 b                          | 82.33 ab | 71.33 bc | 2.33                             | 8.33  | 2.67  |
| $KNO_3 + KH_2PO_4$ | 96.00 a                          | 87.66 a  | 85.66 a  | 6.00                             | 13.66 | 17.00 |
| F-test             | **                               | **       | **       | -                                | -     | -     |
| C.V.(%)            | 2.77                             | 5.56     | 3.46     | -                                | -     | -     |

\*\* significant at  $P \leq 0.01$ .

<sup>1/</sup>Means within the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT.

Table 5 Germination and change of germination in greenhouse on non-primed and primed sweet pepper seed with different methods.

| Methods            | Field emergence <sup>1/</sup> (%) |       |         | Change of Germination (%)        |      |       |
|--------------------|-----------------------------------|-------|---------|----------------------------------|------|-------|
|                    | Accelerated aging periods (days)  |       |         | Accelerated aging periods (days) |      |       |
|                    | 0                                 | 3     | 6       | 0                                | 3    | 6     |
| Control            | 82.66 b                           | 76.33 | 53.00 d | 0                                | 0    | 0     |
| Vitamin C          | 92.33 a                           | 77.66 | 74.00 a | 9.67                             | 1.33 | 21.00 |
| PEG6000            | 94.33 a                           | 79.66 | 58.33 c | 11.67                            | 3.33 | 5.33  |
| $KNO_3$            | 93.66 a                           | 77.00 | 65.00 b | 11.00                            | 0.67 | 12.00 |
| $KNO_3 + KH_2PO_4$ | 94.66 a                           | 76.66 | 71.33 a | 12.00                            | 0.33 | 18.33 |
| F-test             | **                                | ns    | **      | -                                | -    | -     |
| C.V.(%)            | 2.27                              | 2.78  | 3.00    | -                                | -    | -     |

ns and \*\* non-significant and significant at  $P \leq 0.01$ .

<sup>1/</sup>Means within the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT.

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดที่ไม่ผ่านการเร่งอายุ ด้วยทุกกรรมวิธีทำให้ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming เป็นไปในทางเดียวกันกับความเร็วในการงอก และพบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วในการงอกที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยการใช้ Vitamin C และ KNO<sub>3</sub> ร่วมกับ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ทำให้ความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับการใช้ KNO<sub>3</sub> และ PEG6000 ส่วนเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3 วัน พบว่าทุกวิธีการทำให้ความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น แตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming ยกเว้น การใช้ PEG6000 และเมล็ดที่เร่งอายุ 6 วัน เมื่อกระตุ้นความงอกด้วย KNO<sub>3</sub> ร่วมกับ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ทำให้ความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นสูงสุดและแตกต่างกับเมล็ดที่ผ่านการทำ priming ด้วยทุกวิธีการและเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming โดยเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 2.99 และ 2.21 ตามลำดับ (Table 6)

ซึ่งพบว่าเมื่อกระตุ้นความงอกด้วยทุกวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์มีความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับความเร็วในการงอกของเมล็ดเมื่อเพาะในสภาพเรือนทดลอง ซึ่งพบความแตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการทำ priming และพบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วในการงอกที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ 6 วัน มาทำ seed priming ด้วย

Vitamin C ทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกสูงสุด ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงของความเร็วในการงอกที่เพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ 3.44 (Table 7)

เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเร่งอายุซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกสูง เมื่อนำมาทำ seed priming ด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ พบว่ามีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการลดลงเล็กน้อย เนื่องจากเมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงเบื้องต้นสูง การทำ seed priming จึงทำให้เมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้น้อยหรือไม่ชัดเจน (Berjak and Villiers, 1972) ส่วน Aquila et al. (1978) พบว่าเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ จะตอบสนองต่อการทำ seed priming สูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุ

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงความใหม่-เก่าของเมล็ดที่แช่น้ำต่อความงอกและอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวสาลี โดยนำเมล็ดไปเร่งอายุในระยะเวลาต่างๆ กัน พบว่าเมล็ดที่ไม่ได้เร่งอายุนั้น การแช่น้ำและไม่แช่น้ำไม่ทำให้ความงอกและอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าแตกต่างกันแต่ในเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนั้น เมล็ดที่ไม่แช่น้ำมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง ขณะที่เมล็ดที่แช่น้ำกลับมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น แต่หากเร่งอายุเมล็ดนานเกินไป เมล็ดที่แช่น้ำและไม่แช่น้ำจะให้ผลไม่แตกต่างกัน (Goldsworthy et al.,1982)

Table 6 Germination index and change of germination index in laboratory on non-primed and primed sweet pepper seed with different methods.

| Methods  | Germination Index <sup>1/</sup>  |          |        | Change of Germination Index      |      |      |
|--|----------------------------------|----------|--------|----------------------------------|------|------|
|  | Accelerated aging periods (days) |          |        | Accelerated aging periods (days) |      |      |
|  | 0                                | 3        | 6      | 0                                | 3    | 6    |
| Control  | 10.52 d                          | 8.23 c   | 7.17 d | 0                                | 0    | 0    |
| Vitamin C  | 13.16 a                          | 10.87 a  | 8.64 b | 2.64                             | 2.64 | 1.47 |
| PEG6000  | 11.20 c                          | 9.31 bc  | 7.88 c | 0.68                             | 1.08 | 0.71 |
| KNO <sub>3</sub>                                   | 12.38 b                          | 10.30 ab | 7.94 c | 1.86                             | 2.07 | 0.77 |
| KNO <sub>3</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | 12.86 a                          | 11.22 a  | 9.38 a | 2.34                             | 2.99 | 2.21 |
| F-test   | **                               | **       | **     | -                                | -    | -    |
| C.V.(%)  | 1.75                             | 6.41     | 4.12   | -                                | -    | -    |

\*\* significant at P≤0.01.

<sup>1/</sup>Means within the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT.

**Table 7** Germination index and change of germination index in greenhouse on non-primed and primed sweet pepper seed with different methods.

| Methods  | Field emergence index <sup>1/</sup> |         |        | Change of field emergence index  |      |      |
|--|-------------------------------------|---------|--------|----------------------------------|------|------|
|  | Accelerated aging periods (days)    |         |        | Accelerated aging periods (days) |      |      |
|  | 0                                   | 3       | 6      | 0                                | 3    | 6    |
| Control  | 11.37 b                             | 9.83 b  | 6.39 e | 0                                | 0    | 0    |
| Vitamin C  | 12.87 a                             | 10.52 a | 9.83 a | 1.50                             | 0.69 | 3.44 |
| PEG6000  | 13.10 a                             | 10.41 a | 7.33 d | 1.73                             | 0.58 | 0.94 |
| KNO <sub>3</sub>                                   | 13.09 a                             | 10.40 a | 8.33 c | 1.72                             | 0.57 | 1.94 |
| KNO <sub>3</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | 13.21 a                             | 10.47 a | 9.25 b | 1.87                             | 0.64 | 2.86 |
| F-test   | **                                  | *       | **     | -                                | -    | -    |
| C.V.(%)  | 1.76                                | 2.40    | 2.95   | -                                | -    | -    |

\* and \*\* significant at P≤0.05 and P≤0.01.

<sup>1/</sup>Means within the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT.

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในด้านการงอกและความเร็วในการงอกนั้น สอดคล้องกับงานทดลองของ พจนา และ บุญมี (2549) ที่พบว่า การแช่เมล็ดพันธุ์พริกหวานสดด้วย Vitamin C, KNO<sub>3</sub> และ NaCl เป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิ 25 °ซ สามารถทำให้ความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปได้ว่าการใช้สารอินทรีย์บางชนิด เช่น วิตามินซี และวิตามินอี จับกับอนุมูลอิสระ แทนที่อนุมูลอิสระ จะจับกับสารอินทรีย์ภายในเซลล์เมล็ด เป็นวิธีการหนึ่งที่ลดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Sathiyamoorthy and Nakamura, 1995)

ส่วนไนเตรทที่มีอยู่ในสารละลายเมื่อเมล็ดดูดเข้าไปในระหว่างการแช่น้ำจะช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Rivas et al. (1984) ได้ศึกษาการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพริก โดยทำการแช่เมล็ดใน KNO<sub>3</sub> ระยะเวลา 144 ชั่วโมง สามารถทำให้อัตราการงอกเพิ่มขึ้น โดยการงอก hypocotyl ของเมล็ดใช้เวลาในการงอกประมาณ 1-3 วัน

### สรุป

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานด้วย Vitamin C, PEG6000, KNO<sub>3</sub> และ KNO<sub>3</sub> ร่วมกับ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพ โดยการเร่งอายุ 3 วัน วิธีที่ทำให้เมล็ดมีความงอกและความเร็วในการงอกเพิ่มขึ้นคือ Vitamin C ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอกถึง 15 % ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุมาแล้ว 6 วัน คือ การใช้ KNO<sub>3</sub> ร่วมกับ KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> โดยสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอกถึง 17 %

### คำขอบคุณ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย บริษัท เอ.จี. ยูนิเวอร์แซล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เมล็ดพันธุ์พริกหวาน โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากร

การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัยและควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอง

### เอกสารอ้างอิง

- บุญมี ศิริ, ปิยะนุช เทียงดีฤทธิ์ และ พจนา สีขาว. 2549. ผลของการกระตุ้นการงอกด้วยสารเคมีต่างชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวานลูกผสม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37(6)(พิเศษ) : 361-364.
- พจนา สีขาว และ บุญมี ศิริ. 2549. ผลของการคัดแยกโดยใช้ของเหลวและการกระตุ้นการงอกของเมล็ดเป็ยกด้วยสารเคมีต่างชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37(6)(พิเศษ) : 177-180.
- พจนา สีขาว และ บุญมี ศิริ. 2550. ผลของการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่มีคุณภาพต่างกัน โดยวิธีการทำ seed priming. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38(5)(พิเศษ) : 168-172.
- พีระยศ แข็งขัน. 2545. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และคุณภาพเมล็ดในระหว่างการเร่งอายุ และการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเสื่อมและปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2538. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. การเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่ภา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Aquila, D.A., G. Savino and P. De Leo. 1978. Metabolic changes induced by hydration-dehydration presowing treatment in wheat embryos. Plant Cell Physiol. 19(2) : 349-354.
- Basavaraja, P.K., A. Nagaraja, R.C. Jagadeesha, H.S. Yogeasha, and H. Junathaiah. 1998. Effect of copper ore tailings on fruit yield and seed quality of chilli. Kanataka J. Agri. Sci. 11 : 815-817.
- Basu, R.N. and P. Pal. 1979. Physiochemical control of seed deterioration in rice. Indian J. Agric. Sci. 49(1) : 1-6.
- Berjak, P. and T.A. Villiers. 1972. Aging in plant embryos II. Age-induced damage and its repair during early germination. New Phytol. 71 : 135-145.
- Bray, C.M. 1995. Biochemical process during the osmopriming of seeds. In seeds development and germination. USA.
- Goldsworthy, A., J.L. Fielding and M.B.J. Dover. 1982. "Flash imbibition" : a method for the re-invigoration of aged wheat seed. Seed Sci. and Technol. 10 : 55-56.
- Hsu S.T., P.Y Lia Huang, C.H. Hong and M.H. Leu. 2005. Effect of PEG 6000 and KNO<sub>3</sub> Priming and water absorption on the water content and germination of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) seed. Journal of National Chiayi University 76 : 1-13.
- ISTA. 2004. International rule for seed testing. Supplement to Seed Sci & Technol.
- Korkmaz, A. 2005. Inclusion of acetyl salicylic acid and methyl jasmonate into the priming solution improves low-temperature germination and emergence of sweet pepper. Hort. Science. 40(1) : 197-200.
- McDonald, M.B. 2000. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment.. Seed Science and Technology 27: 177- 237.
- Parera, C. A., and D. J. Cantiffe.1994.Presowing seed priming. Horticulture Reveiws,16 : 109-141.
- Rivas, M., F.J. Sundstrom, and R.L. Edwards. 1984. Germination and crop development of hot pepper after seed priming. Hort. Science. 19(2) : 279-281.
- Saleh M.M., A.F. Abou-Hadid, and A.S. El-Beltag. 1996. Sweet pepper emergence and seedling growth after seed pre-germination. ISHS Acta horticulturae.
- Sathiyamoorthy, P. and S. Nakamura. 1995. Free radical induced lipid peroxidation in seeds. Israel Journal of Plant Science. 4 : 295-302.