



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

## บทความวิจัย

# การเพิ่มประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดพริกหวานด้วยน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร

พิราวรรณ วสุนันต์<sup>1</sup> พิระยศ แข็งขัน<sup>2</sup> ชัชพงศ์ บางใบ<sup>3</sup> เอกรินทร์ สารีพัฑ<sup>4</sup> และ ปริยดา แข็งขัน<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> สำนักงานเกษตรอำเภอตลาด อำเภอตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ 46120

<sup>2</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>3</sup> สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

<sup>4</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

### ข้อมูลบทความ

#### Article history

รับ: 18 เมษายน 2567

แก้ไข: 21 พฤษภาคม 2567

ตอบรับการตีพิมพ์: 4 มิถุนายน 2567

ตีพิมพ์ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2567

#### คำสำคัญ

พริกหวาน

ความแข็งแรงของเมล็ด

การเตรียมความพร้อมเมล็ด

ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวร

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการสำรวจผลของสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวานพันธุ์แคลิฟอร์เนีย โดยนำเมล็ดมาแช่ในน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กถาวร ตามแผนการทดลอง 3X4 Factorial experimental in randomized complete block design ดังนี้ ปัจจัย A ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวร 3 ระดับ (0 mT, 25 mT, 50 mT) ปัจจัย B ระยะเวลาในการแช่ผ่านสนามแม่เหล็กถาวร มี 4 ระดับ (0, 3, 6, 9 ชม.) จากนั้นนำเมล็ดผึ่งให้แห้งและทดสอบความงอกมาตรฐาน ความแข็งแรงและการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่า ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวร 50 mT ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกในห้องปฏิบัติการ ( $P < 0.05$ ) การแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรเป็นเวลา 3 ชม. ช่วยลดเวลาเฉลี่ยในการงอก เพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกของเมล็ด ( $P < 0.01$ ) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ด พบว่า การแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร 25 mT นาน 3 ชม. ช่วยให้เวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด (8.43 วัน) ในโรงเรือนการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรความเข้มข้น 25 mT นาน 6 ชม. ให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด (84 เปอร์เซ็นต์) และดัชนีการงอกเฉลี่ย 3.89 ต้น/วัน ( $P < 0.05$ ) การแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร 25 mT นาน 3 ชม. ช่วยให้ความยาวต้นกล้าในสัปดาห์ที่ 1 สูงสุด ส่วนการแช่ในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร 50 mT นาน 6 ชม. เพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบต้นกล้าในสัปดาห์ที่ 2 สูงสุด (26.85 SPAD unit) ดังนั้นปัจจัยที่เหมาะสมในการเพิ่มคุณภาพการงอกของเมล็ดพริกหวาน คือความเข้มข้นแม่เหล็ก 25 mT และระยะเวลา 6 ชม.

## บทนำ

ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มีความสำคัญมากที่สุดในการบ่งบอกถึงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากปัจจัยทั้งสองนี้เป็นพื้นฐานสำคัญของต้นกล้าที่จะส่งผลให้ได้รับผลผลิตที่ดี ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เกิดขึ้นสูงสุดเมื่อเมล็ดพันธุ์มีการแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) หลังจากระยะนี้ไปแล้วความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะลดลงจนกระทั่งเมล็ดเสื่อมคุณภาพ ปัจจุบันการทำ seed priming เป็นวิธีการที่ให้ผลดีในการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดพันธุ์พืชผักหลายชนิด การเตรียมการงอกด้วยเทคนิค seed priming เป็นการควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ให้เพียงพอต่อกระบวนการงอกแต่ไม่อยู่ในระดับที่จะทำให้รากอ่อนปรากฏออกมาให้เห็น (McDonald, 1999) แล้วจึงนำเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวไปลดความชื้นเพื่อสะดวกต่อการเก็บรักษาและจัดการต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ คือ เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง เพิ่มอัตราเร็วในการงอกของเมล็ด เมล็ดสามารถงอกได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่กว้าง ต้นกล้ามีความแข็งแรงและเจริญเติบโตได้ดี (Wetchakama & Khaengkhan, 2018)

การใช้สนามแม่เหล็กในทางการเกษตร เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ พบว่า สนามแม่เหล็กสามารถเร่งการพัฒนาของพืช ปรับปรุงการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้โดยกระตุ้นการสร้างโปรตีนและกิจกรรมของเอนไซม์ (Ülgen et al., 2017) พืชปรับเปลี่ยนกระบวนการทางสรีรวิทยาและสารชีวโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับสังเคราะห์แสง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและเกิดการพัฒนามาในทางที่ดี (Alemán et al., 2014) เกิดการกระตุ้นกิจกรรมของสารชีวโมเลกุลสำหรับเจริญเติบโตของต้นอ่อนและเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด (Carbonell et al., 2000) สันนิษฐานว่ามีการสันของไอออนไฮโดรเจนตรอนเกิดการแยกไอออนของ  $Ca^{2+}$  และทำให้ความเข้มข้นของ  $Ca^{2+}$  อิสระเพิ่มขึ้น  $Ca^{2+}$  ที่เพิ่มขึ้นอาจส่งสัญญาณให้เซลล์เข้าสู่ วัฏจักรไมโทติคในช่วงต้น (Vashisth et al., 2013) มีการเปลี่ยนแปลงระดับของ  $Ca^{2+}$  ภายในเซลล์ และความหนาแน่นของกระแสไอออนอื่น ๆ ภายในเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันออสโมติก และมีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น (Reina et al., 2001) เกิดปฏิสัมพันธ์กับกระแสไอออนเปลี่ยนการนำไฟฟ้าไอออนของเมมเบรน ความเข้มข้นและความดันออสโมติกทั้งสองด้านของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลต่อกลไกการดูดน้ำของเมล็ด (Reina & Pascual, 2001)

\*Corresponding author

E-mail address: dasriwises@hotmail.com (P. Khaengkhan)

Online print: 28 June 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.29>

การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวานโดยการใช้นสนามแม่เหล็ก (magnetic field) มีรายงานว่า สนามแม่เหล็กมีผลต่อการเจริญเติบโตและกระบวนการพัฒนาของพืช การงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้า Aladjadjian (2002) ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กคงที่ความเข้ม 0, 15 mT ต่อการงอกเมล็ดข้าวโพดพบว่าสนามแม่เหล็กกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ส่งผลให้มีพลังงานในการงอก เมล็ดมีการงอก น้ำหนักสด และความยาวของต้นอ่อนเพิ่มขึ้น ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเมล็ดที่หรีดด้วยสนามแม่เหล็กเป็นเวลา 10 นาที นอกจากนี้สนามแม่เหล็กอาจเปลี่ยนแปลงลักษณะของเยื่อหุ้มเซลล์และเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้เกิดเมแทบอลิซึมของเซลล์ รวมถึงการแสดงออกของยีน การสังเคราะห์โปรตีน และกิจกรรมของเอนไซม์ ( Atak et al., 2003) การใช้สนามแม่เหล็กเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างขนาดการรวมตัวโมเลกุลของน้ำที่มีขนาดใหญ่ (ขนาด 50 โมเลกุล) ภายในเซลล์ของเมล็ดให้มีขนาดการรวมตัวโมเลกุลเล็กลง (ขนาด 5 โมเลกุล) และมีความเสถียร การที่องศาภายในโมเลกุลของน้ำมีองศาที่ลดลง จะทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ภายในเซลล์เมล็ดได้สูงขึ้น มีผลต่อการเกิดเมแทบอลิซึมในกระบวนการงอก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางชีวเคมีของเมล็ดแต่ละชนิด (Khaengkhan, 2023) จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาความเข้มของสนามแม่เหล็ก และระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้สนามแม่เหล็กแก่เมล็ด เมล็ดพริกหวานเป็นเมล็ดที่มีราคาสูง โดยปกติแล้วเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่ใหม่ ๆ ใช้เวลาในการงอกเฉลี่ย 7-14 วัน ถ้าเป็นเมล็ดที่เก่าหรือเสื่อมคุณภาพจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ และใช้เวลาในการงอกนาน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มสนามแม่เหล็กและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้สนามแม่เหล็กต่อคุณภาพการงอกของเมล็ดพริกหวาน เพื่อแก้ปัญหาการงอกของเมล็ด ลดระยะเวลาในการงอก เพิ่มคุณภาพการงอกของเมล็ดพริกหวานด้านอื่น ๆ เช่น ดัชนีการงอก การเจริญเติบโตของต้นกล้า เป็นต้น

**อุปกรณ์และวิธีการวิจัย**

*การวางแผนการทดลอง*

ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กถาวรต่อการงอกของเมล็ดพริกหวาน พันธุ์แคลิฟอร์เนีย วางแผนการทดลองแบบ 3X4 Factorial experimental in randomized complete block design โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัย แบ่งออกเป็น 12 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 (A) ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร (มิลลิเทสลา (mT))

- กรรมวิธีที่ 1 0 mT
- กรรมวิธีที่ 2 25 mT
- กรรมวิธีที่ 3 50 mT

ปัจจัยที่ 2 (B) ระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กถาวร

- กรรมวิธีที่ 1 0 ชั่วโมง
- กรรมวิธีที่ 2 3 ชั่วโมง
- กรรมวิธีที่ 3 6 ชั่วโมง
- กรรมวิธีที่ 4 9 ชั่วโมง

*วิธีการทดลอง*

ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ และโรงเรือนเพาะชำ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

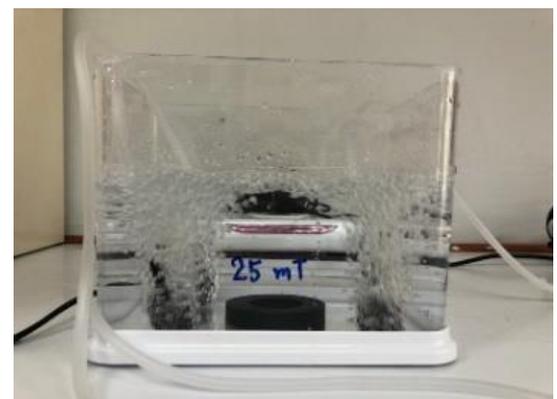
1. การเตรียมน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กถาวร นำแม่เหล็กถาวรชนิดเฟอร์ไรต์ (Figure 1a) มาวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก ด้วยเครื่อง Pasport 2-axis magnetic field (Figure 1b) ให้ได้ ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 25 mT และ 50 mT จากนั้นนำแม่เหล็กถาวรวางในตู้พลาสติก เติมน้ำกลั่น 1,000 มล. เปิดแอร์ปั๊มเพื่อให้น้ำไหลเวียนผ่านสนามแม่เหล็กถาวร (Figure 1c) และแช่เมล็ดพันธุ์พริกหวานร่วมกับแม่เหล็กถาวรเป็นเวลา 3 6 และ 9 ชม. ตามลำดับ



(a)



(b)



(c)

**Figure 1** Magnetic water with air pump (a) ferrite magnetic; (b) 2-axis magnetic field sensor (PS-2162) and (c) magnetic field water chamber.

นำเมล็ดพันธุ์พริกหวานออกมาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 °C จนกระทั่งเมล็ดมีความชื้น 7.6 เปอร์เซ็นต์ และนำไปทดสอบความงอก ความแข็งแรงมาตรฐานของเมล็ดตามกฎการทดสอบความงอก ISTA (2018) ห้องปฏิบัติการใช้วิธีเพาะแบบ top of

paper (TP) หลังจากนั้นนำไปวางในตู้เพาะเมล็ด อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 14 วัน สำหรับโรงเรือนปลูกพืชใช้วิธีการเพาะเมล็ดในถาดเพาะกล้า ใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูก เก็บบันทึกข้อมูลตั้งแต่เมล็ดงอกจนกระทั่งต้นกล้าเจริญเติบโตถึง 28 วัน โดยบันทึกข้อมูลดังนี้

1) เปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกปกติ} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

2) เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time, MGT) ดังสูตร

$$\text{MGT (วัน)} = \frac{G_1 \times D_1 + G_2 \times D_2 + \dots + G_n \times D_n}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}}$$

เมื่อ G 1, 2, ..., n คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14)

D 1, 2, ..., n คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14) หลังจากรับเพาะเมล็ด

3) ดัชนีความงอก (Germination index; GI)

$$\text{ดัชนีการงอก (GI)} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันที่ต้นกล้าปกติงอกในแต่ละวัน}}$$

2. นำเมล็ดพันธุ์พริกหวานในจานเพาะที่บันทึกผลคุณภาพการงอก เป็นเวลา 14 วัน ย้ายลงถาดเพาะกล้า โดยใช้พีทมอส (peat moss) เป็นวัสดุปลูก หลังจากนั้นบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกล้า ดังนี้

1) ความแข็งแรงของต้นกล้า วัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (seedling growth rate, SGR) เมล็ดพันธุ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าสูง แสดงว่ามีความแข็งแรงสูง โดยเพาะเมล็ดพริกหวาน ตามกฎการทดสอบการงอกมาตรฐาน (ISTA, 2018) เมื่ออายุครบ 14 วัน หลังงอก ย้ายลงถาดเพาะกล้า จนกระทั่งต้นกล้าอายุครบ 28 วัน นำต้นกล้าปกติดีต่อเฉพาะส่วนของยอดอ่อนและรากอ่อน นำไปอบที่ อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชม. แล้วชั่งน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง หน่วยเป็นมิลลิกรัม นำผลที่ได้มาคำนวณ SGR ดังนี้

$$\text{SGR} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งต้นกล้าปกติ}}$$

$$\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}$$

2) ปริมาณคลอโรฟิลล์ (chlorophyll content, SPAD unit) ในสภาพโรงเรือนสุมเก็บ จำนวน 5 ต้นต่อซ้ำ วัดใบจริงชุดที่ 1 ของแต่ละต้น จำนวน 2 ใบต่อต้น วัดจำนวน 1 ครั้งต่อใบ ระยะห่างกันทุก ๆ 7 วัน จนกระทั่งต้นกล้าอายุครบ 28 วัน วัดด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ Chlorophyll Meter รุ่น SPAD-502 Plus (Konika Minolta, Inc. Japan)

3) พื้นที่ใบ (ตารางมิลลิเมตร) หลังจากต้นกล้าอายุครบ 28 วัน สุ่มเก็บต้นกล้าพริกหวาน จำนวน 5 ต้นต่อซ้ำ แล้วนำไปจริงชุดที่ 1 ของแต่ละต้น จำนวน 2 ใบต่อต้น มาวัดพื้นที่ใบด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ รุ่น Portable Leaf Area Meter: AM-350 ยี่ห้อ ADC Bioscience ประเทศอังกฤษ

4) ความยาวต้น (seedling length) วัดจากคอรากของลำต้นถึงยอดอ่อนเจริญ หลังจากย้ายกล้า 7 วัน โดยวัดระยะห่างกันทุก ๆ 7 วัน จนกระทั่งต้นกล้าอายุครบ 28 วัน

5) ความยาวราก (root length) วัดจากต้นกล้าที่เพาะในถาดเพาะกล้าอายุ 28 วัน โดยสุ่มต้นกล้าจำนวน 5 ต้นต่อซ้ำ

6) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นกล้า (fresh and dry weight of seedling) วัดจากต้นกล้าที่เพาะในถาดเพาะกล้าอายุ 28 วัน โดยสุ่มต้นกล้าจำนวน 5 ต้นต่อซ้ำ ชั่งน้ำหนักสด (กรัม) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C ระยะเวลา 24 ชม. นำออกมาชั่งน้ำหนักแห้ง (กรัม)

7) ความเป็นกรดต่างของน้ำทั้งก่อนและหลังของน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็ก โดยใช้เครื่อง pH meter

## ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

### คุณภาพการงอกเมล็ดพันธุ์พริกหวาน

1. เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน (germination percentage) ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่สภาพโรงเรือนพบว่า การใช้และไม่ใช้สนามแม่เหล็กถาวรที่ระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 3 6 และ 9 ชม. มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานสูง ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีความงอกระหว่าง 71-84 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) ส่วนการใช้ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT และแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 0 ชม. มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำที่สุด 15.50 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

2. เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน (mean germination time) ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน โดยในสภาพห้องปฏิบัติการ การใช้สนามแม่เหล็กถาวรและแช่เมล็ดในน้ำระยะเวลา 3, 6 และ 9 ชม. การใช้สนามแม่เหล็กถาวรความเข้มข้น 25 mT และแช่เมล็ดในน้ำระยะเวลา 3 และ 9 ชม. การใช้สนามแม่เหล็กถาวร 50 mT และแช่เมล็ดในน้ำระยะเวลา 6 และ 9 ชม. มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานน้อย โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 8.37-9.09 วัน (P<0.05) ส่วนการใช้ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรที่ 0, 25 และ 50 mT แช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 0 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 10.48-11.03 วันในขณะที่สภาพโรงเรือนพบว่า การใช้ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT และแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 9 ชม. มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานเร็วสุด เท่ากับ 10.39 วัน (P<0.05) ส่วนการใช้ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรที่ 0, 25 และ 50 mT แช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 0 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกมาก ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 12.51-12.56 วัน (Table 1)

3. ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน (germination index) ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่ในสภาพโรงเรือนพบว่า การใช้สนามแม่เหล็กถาวร 25 mT และ 50 mT แช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 3, 6 และ 9 ชม. มีผลทำให้ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน



ถาวรที่ 25 mT เป็นเวลา 3 ถึง 9 ชม. มีผลทำให้น้ำมีความเป็นด่างสูงขึ้น ดัชนีการงอก และความสูงเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เป็นเวลา 3 ถึง 9 ชม. ทำให้น้ำมีความเป็นด่างสูงขึ้น มีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก ดัชนีการงอก ความสูง ปริมาณคลอโรฟิลล์พื้นที่ใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญของต้นกล้าพริกหวานเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัย Florez et al. (2019) ซึ่งรายงานว่าการใช้แม่เหล็กถาวรที่ต่างกันมีผลทำให้การงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วขึ้นต่างกัน

การใช้สนามแม่เหล็กถาวรเป็นวิธีการทางฟิสิกส์ที่มีผลทำให้เพิ่มความชื้นของโอโซน อนุภาคน้ำ และประจุไฟฟ้าไอเล็กตรอน ช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์สามารถดูดซึมน้ำและทำให้ไอออนเคลื่อนที่ได้ดียิ่งขึ้น กระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาในด้านต่าง ๆ เช่น การแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโตของพืชได้ดี และดัชนีความแข็งแรงของพืชเพิ่มขึ้น (Senglathamy et al., 2017) สนามแม่เหล็กถาวรอาจเปลี่ยนแปลงลักษณะของเยื่อหุ้มเซลล์และการสืบพันธุ์ของเซลล์ และทำให้เกิดการทำงานบางอย่างในการเผาผลาญของเซลล์ และการทำงานของเซลล์ต่าง ๆ รวมถึงการแสดงออกของยีน การสังเคราะห์โปรตีน และกิจกรรมของเอนไซม์ (Atak et al., 2003) การศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กถาวรต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของพริกหวาน พบว่าสนามแม่เหล็กถาวรมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีนอยด์ ฟอสฟอรัส และวิตามินซี (Ahamed et al., 2013) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ พบว่าความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เวลา 6 ชม. มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุดที่ 26.85 จากการรายงานของ Karkush et al. (2019) และ Chaemchamrat & Phurahong (2022) สนามแม่เหล็กถาวรมีผลทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เพิ่มขึ้น โดยมีการเพิ่มขึ้นของไอออนของธาตุบางชนิด ได้แก่ แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม คลอรีน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง โดยพบว่าความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรที่ 25 mT มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เพิ่มขึ้น เท่ากับ 8.29 ซึ่งการใช้สนามแม่เหล็กถาวรสามารถเปลี่ยนโครงสร้างขนาดการรวมตัวของโมเลกุลของน้ำที่มีขนาด

ใหญ่ (ขนาด 50 โมเลกุล) ภายในเซลล์ของเมล็ดให้มีขนาดการรวมตัวโมเลกุลเล็กลง (ขนาด 5 โมเลกุล) และมีความเสถียร การที่องค์ภายในโมเลกุลของน้ำมีองค์ที่ลดลง จะทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ภายในเซลล์เมล็ดได้สูงขึ้น มีผลต่อการเกิดเมแทบอลิซึมในกระบวนการงอก (Khaengkhan, 2023)

### สรุปผลการวิจัย

ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวร 25 mT เป็นเวลา 3 ชม. ลดเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นและเพิ่มความสูงของต้นกล้าพริกหวาน ส่วนความเข้มข้นแม่เหล็ก 50 mT เป็นเวลา 6 ชม. เพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ พื้นที่ใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าในสภาพห้องปฏิบัติการ ในสภาพโรงเรือน ความเข้มข้นแม่เหล็กถาวร 25 mT เป็นเวลา 6 ชม. มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกสูงสุด รวมถึงทำให้ต้นกล้าพริกหวานมีความยาวสูงสุด ส่วนความเข้มข้นแม่เหล็กถาวร 50 mT เป็นเวลา 9 ชม. ลดเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น ความเข้มข้นแม่เหล็ก 25 mT เป็นเวลา 6 ชม. ยังผลทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำสูงสุด นอกจากนี้ เมล็ดพันธุ์พริกหวานที่มีดัชนีการงอกสูงในห้องปฏิบัติการ จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกสูงในสภาพโรงเรือนเช่นกัน จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าความเข้มข้นแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้สนามแม่เหล็กต่อคุณภาพการงอกของเมล็ดพริกหวาน คือ 25 mT ที่ระยะเวลา 6 ชม. ทั้งนี้ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้สนามแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มข้นเพื่อลดระยะเวลาในการแช่เมล็ดพันธุ์

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่สนับสนุนพื้นที่ในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณนายณพรัตน์ ไชยเสนา ที่ช่วยดูแลและเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

**Table 1** Effect of magnetic field on sweet pepper seed germination percentage, mean germination time and germination index in laboratory and greenhouse experiment

Factor	Laboratory		Greenhouse			
	Germination (%)	Mean germination time (Days)	Germination index	Germination (%)	Mean germination time (Days)	Germination index
Factor A (Magnetic field intensity)	*	ns	ns	*	ns	ns
Factor B (Time of seed priming with magnetic water)	**	**	**	**	**	**
Factor A x B	ns	*	ns	*	*	*
0 mT x 0 hr	52.50	11.03 a <sup>1/</sup>	2.55	38.50 b	12.56 a	1.55 d
0 mT x 3 hr	82.00	8.37 c	5.45	84.00 a	11.22 bcd	3.23 bc
0 mT x 6 hr	73.50	8.66 c	4.80	71.50 a	11.37 bcd	3.22 bc
0 mT x 9 hr	78.50	8.78 bc	4.93	71.00 a	11.46 bc	3.17 c

**Table 1** Effect of magnetic field on sweet pepper seed germination percentage, mean germination time and germination index in laboratory and greenhouse experiment (Cont.)

Factor	Laboratory			Greenhouse		
	Germination (%)	Mean germination time (Days)	Germination index	Germination (%)	Mean germination time (Days)	Germination index
25 mT x 0 hr	46.00	10.48 a	2.41	37.50 b	12.52 a	1.51 d
25 mT x 3 hr	74.00	8.43 c	5.07	78.00 a	11.20 bcd	3.57 abc
25 mT x 6 hr	64.00	9.50 b	4.13	84.00 a	11.06 cd	3.89 a
25 mT x 9 hr	62.50	9.09 bc	4.10	83.00 a	10.92 d	3.89 a
50 mT x 0 hr	58.00	10.71 a	2.91	15.50 c	12.51 a	0.63 e
50 mT x 3 hr	62.50	9.42 b	4.29	82.50 a	11.15 bcd	3.79 abc
50 mT x 6 hr	63.00	9.03 bc	3.88	74.00 a	11.55 b	3.28 abc
50 mT x 9 hr	76.00	8.77 bc	4.99	72.00 a	10.39 e	3.62 abc
Mean	66.04	9.36	4.13	65.96	11.49	3.00
C.V. (%)	15.41	5.45	19.55	14.03	2.88	14.62

<sup>1/</sup>= Superscript in each column are significantly different by least significant difference (LSD).

ns, \*, \*\* mean not significant, significant difference at P<0.05 values and P<0.01.

**Table 2** Effect of magnetic field on sweet pepper seedling length in laboratory and greenhouse experiment

Factor	Laboratory seedling length (cm)				Greenhouse seedling length (cm)			
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
Factor A (Magnetic field intensity)	**	**	**	ns	**	ns	ns	ns
Factor B (Time of seed priming with magnetic water)	**	**	**	**	**	**	**	**
Factor A x B	**	ns	ns	ns	**	*	ns	ns
Factor A x B								
0 mT x 0 hr	3.75 abcd <sup>1/</sup>	6.25	7.37	8.21	4.25 f	6.11 ef	7.10	8.12
0 mT x 3 hr	3.83 abc	6.77	8.14	9.19	4.70 cd	7.73 abcd	9.28	10.50
0 mT x 6 hr	4.19 a	6.36	7.61	8.45	4.55 de	6.73 def	8.14	9.17
0 mT x 9 hr	3.93 abc	6.86	8.35	9.18	4.89 bc	6.82 cdef	7.95	9.17
25 mT x 0 hr	3.49 cd	5.82	7.41	8.31	4.31 ef	5.95 ef	6.70	7.63
25 mT x 3 hr	4.13 a	6.56	8.55	9.54	5.19 a	7.15 bcde	8.41	9.10
25 mT x 6 hr	2.66 e	5.95	7.89	9.02	5.18 a	8.83 a	10.40	11.27
25 mT x 9 hr	3.32 d	6.11	7.45	8.61	4.95 abc	7.70 abcd	8.83	9.80
50 mT x 0 hr	3.61 bcd	5.97	7.26	8.44	3.74 g	5.82 f	6.89	7.72
50 mT x 3 hr	3.91 abc	6.93	8.85	9.16	5.02 ab	7.96 abc	9.35	10.05
50 mT x 6 hr	3.50 cd	6.89	9.54	9.82	5.08 ab	7.63 abcd	9.36	10.30
50 mT x 9 hr	3.97 ab	7.05	8.96	9.52	5.04 ab	8.32 ab	9.56	10.57
Mean	3.69	6.46	8.12	8.96	4.74	7.23	8.50	9.45
C.V. (%)	8.64	7.88	9.27	7.12	3.77	11.54	14.04	12.37

<sup>1/</sup>= Superscript in each column are significantly different by least significant difference (LSD).

ns, \*, \*\* mean not significant, significant difference at P<0.05 values and P<0.01.

**Table 3** Effect of magnetic field on sweet pepper chlorophyll contents in laboratory and greenhouse experiment

Factor	Laboratory			Greenhouse		
	chlorophyll contents (SPAD unit)			chlorophyll contents (SPAD unit)		
	Week1	Week2	Week3	Week1	Week2	Week3
Factor A (Magnetic field intensity)	**	**	**	ns	ns	*
Factor B (Time of seed priming with magnetic water)	**	**	*	**	ns	ns
Factor A x B	ns	*	ns	ns	ns	ns
Factor A x B						
0 mT x 0 hr	23.50	17.87 d <sup>1/</sup>	12.59	24.91	17.59	14.21
0 mT x 3 hr	25.26	19.27 cd	14.17	29.03	22.84	17.25
0 mT x 6 hr	24.54	18.11 d	13.73	27.45	20.91	15.23
0 mT x 9 hr	25.47	19.05 cd	13.44	26.26	19.00	14.15
25 mT x 0 hr	25.83	19.64 cd	14.40	23.69	17.48	13.77
25 mT x 3 hr	26.52	21.55 bc	15.35	25.29	17.96	13.57
25 mT x 6 hr	28.63	22.67 b	16.63	29.09	21.30	14.75
25 mT x 9 hr	25.54	19.29 cd	14.72	26.98	18.62	13.13
50 mT x 0 hr	25.66	20.23 bcd	15.91	24.45	21.50	14.93
50 mT x 3 hr	28.11	21.88 bc	15.80	26.53	19.40	13.75
50 mT x 6 hr	28.60	26.85 a	18.91	28.06	19.89	14.21
50 mT x 9 hr	28.11	23.14 b	16.64	29.24	20.10	14.17
Mean	26.32	20.80	15.19	26.75	19.72	14.43
C.V. (%)	5.49	9.80	10.36	10.14	12.78	9.53

<sup>1/</sup>= Superscript in each column are significantly different by least significant difference (LSD).

ns, \*, \*\* mean not significant, significant difference at P<0.05 values and P<0.01.

**Table 4** Effect of magnetic field on leaf area, plant fresh weight, root length, plant dry weight and seedling growth rate (SGR) in laboratory and greenhouse experiment

Factor	Laboratory					Greenhouse				
	Leaf area (mm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Root length (cm)	Dry weight (g)	SGR (g)	Leaf area (mm <sup>2</sup> )	Fresh weight (g)	Root length (cm)	Dry weight (g)	SGR (g)
Factor A	**	**	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	*
Factor B	ns	ns	ns	*	ns	**	**	*	**	**
Factor A x B	**	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
Factor A x B										
0 mT x 0 hr	442.23 bcd <sup>1/</sup>	1.09 cde	13.51	0.1008 cd	0.0201 bc	441.47	1.07	12.99	0.0993	0.0262
0 mT x 3 hr	476.67 bc	1.28 bcd	15.89	0.1162 bcd	0.0149 cd	742.70	2.01	15.15	0.2124	0.0256
0 mT x 6 hr	375.33 cd	0.95 de	15.02	0.0869 d	0.0118 d	586.18	1.59	16.48	0.1573	0.0232
0 mT x 9 hr	451.17 bcd	1.19 bcde	15.68	0.1139 bcd	0.0145 cd	600.20	1.60	14.23	0.1530	0.0222
25 mT x 0 hr	444.88 bcd	1.14 cde	13.05	0.1074 cd	0.0202 bc	420.70	1.00	11.81	0.0939	0.0274
25 mT x 3 hr	513.70 b	1.35 bc	15.18	0.1381 bc	0.0188 bcd	603.75	1.57	12.97	0.1533	0.0198
25 mT x 6 hr	494.40 b	1.32 bc	14.45	0.1215 bcd	0.0196 bc	851.60	2.80	13.75	0.2431	0.0294
25 mT x 9 hr	346.35 d	0.93 e	14.58	0.0889 d	0.0142 cd	675.95	1.79	14.26	0.1759	0.0212
50 mT x 0 hr	419.15 bcd	1.14 bcde	14.97	0.1073 cd	0.0191 bcd	474.62	1.27	12.07	0.1205	0.0214
50 mT x 3 hr	516.45 b	1.41 abc	16.53	0.1465 ab	0.0236 ab	676.53	1.76	13.75	0.1745	0.0213
50 mT x 6 hr	642.85 a	1.70 a	16.21	0.1836 a	0.0290 a	716.53	1.80	14.35	0.1814	0.0244
50 mT x 9 hr	522.80 b	1.47 ab	15.29	0.1490 ab	0.0198 bc	720.87	2.01	12.82	0.2046	0.0281
Mean	470.50	1.25	15.03	0.12	0.02	625.93	1.69	13.72	0.16	0.03
C.V. (%)	7.09	8.48	10.76	11.53	16.66	23.04	13.63	14.67	10.70	13.96

<sup>1/</sup>= Superscript in each column are significantly different by least significant difference (LSD).

ns, \*, \*\* mean not significant, significant difference at P<0.05 values and P<0.01.

Table 5 The effect of magnetic fields on water pH

Factor	pH
Factor A	**
Factor B	**
Factor A x B	**
Factor A x B	
0 mT x 0 hr	7.23 d <sup>1/</sup>
0 mT x 3 hr	7.23 d
0 mT x 6 hr	7.23 d
0 mT x 9 hr	7.23 d
25 mT x 0 hr	7.78 c
25 mT x 3 hr	8.45 b
25 mT x 6 hr	8.93 a
25 mT x 9 hr	7.99 c
50 mT x 0 hr	6.97 d
50 mT x 3 hr	7.76 c
50 mT x 6 hr	8.04 c
50 mT x 9 hr	8.39 b
Mean	7.77
C.V. (%)	1.77

<sup>1/</sup>= Superscript in each column are significantly different by least significant difference (LSD).

\*\* mean significant difference at P<0.01.

## References

- Ahamed, M. E. M., Elzaawely, A. A., & Bayoumi, Y. A. (2013). Effect of magnetic field on seed germination, growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Asian Journal of Crop Science*, 5(3), 286-294. doi: 10.3923/ajcs.2013.286.294
- Aladjadjian, A. (2002). Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mays*. *Journal of Central European Agriculture*, 3(2), 89-94.
- Alemán, E. I., Moreira R., O., Lima, A. A., Silva, S. C., González-Olmedo, J. L., & Chalfun-Junior, A. (2014). Effects of 60 Hz sinusoidal magnetic field on in vitro establishment, multiplication, and acclimatization phases of *Coffea arabica* seedlings. *Bioelectromagnetics*, 35(6), 414-425. doi: 10.1002/bem.21859
- Atak, Ç., Emirođlu, Ö., Alikamanođlu, S., & Rzakoulieva, A. (2003). Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merrill) tissue cultures. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 2(2), 113-119.
- Carbonell, M. V., Martinez, E., & Amaya, J. M. (2000). Stimulation of germination in rice (*Oryza sativa* L.) by a static magnetic field. *Electro-and Magnetobiology*, 19(1), 121-128. doi: 10.1081/JBC-100100303
- Chaemchamrat, S., & Phurahong, N. (2022). Effect of magnetic field-treated water on growth and yield of Leum Pua Glutinous rice. *Journal of Agricultural Production*, 4(3), 51-61. (in Thai)
- Florez, M., Alvarez, J., Martinez, E., & Carbonell, V. (2019). Stationary magnetic field stimulates rice roots growth. *Romanian Reports in Physics*, 71(3), 1-8.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2018). *International rules for seed testing 2018*. Wallisellen, Switzerland: International Seed Testing Association (ISTA).
- Karkush, M. O., Ahmed, M. D., & Al-Ani, S. M. A. (2019). Magnetic field influence on the properties of water treated by reverse osmosis. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(4), 4433-4439. doi: 10.48084/etasr.2855
- Khaengkhan, P. (2023). *Seed germination stimulant with magnetic fields*. Accessed December 4, 2023. Retrieved from <https://res.msu.ac.th/2023/04/18/%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%95%E0%B8%B8%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%AD%E0%B8%81-%E0%B9%80%E0%B8%A1/>. (in Thai)
- McDonald, M. B. (1999). Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*, 27(1), 177-237.
- Reina, F. G., & Pascual, L. A., (2001). Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: theoretical considerations. *Bioelectromagnetics*, 22(8), 589-595. doi: 10.1002/bem.88

- Reina, F. G., Pascual, L. A., & Fundora, I. A. (2001). Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds Part II experimental results, *Bioelectromagnetics*, 22(8), 596-602. doi: 10.1002/bem.89
- Senglathamy, K., Chim-Oye, T., & Fuangfoong, M. (2017). Study of static electric and magnetic field's effects on rice seed germination rate and seedling growth of Kao Jao Deng (*Oryza sativa* L.) from Lao PDR. *Thai Science and Technology Journal*, 25(3), 424-434. doi: 10.14456/tstj.2017.35 (in Thai)
- Ülgen, C., Birinci Yildirim, A., Yildirim, A. B., & Turker, A. U. (2017). Effect of magnetic field treatments on seed germination of *Melissa officinalis* L. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4 (Spec. 1), 43-49. doi: 10.21448/ijsm.356283
- Vashisth, A., Singh, R., & Joshi, D. K. (2013). Effect of static magnetic field on germination and seedling attributes in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Agricultural Physics*, 13(2), 182-185.
- Wetchakama, N., & Khaengkhan, P. (2018). Improvement of seed qualities with seed priming techniques. *Prawarun Agricultural Journal*, 15(1), 17-30. (in Thai)

---

**Research article**


---

# The enhancement of sweet pepper seed germination by seed priming with permanent magnetic fields water

Pirawan Wasunan<sup>1</sup> Phirayot Khaengkhan<sup>2</sup> Chutpong Bangbai<sup>3</sup> Eakrin Sarepoua<sup>4</sup> and Parinda Khaengkhan<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Yangtalat District Agricultural Extension Office, Yangtalat District, Kalasin Province, 46120

<sup>2</sup> Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Maha Sarakham University, Kantarawichai district, Maha Sarakham Province, 44150

<sup>3</sup> Division of Science and Mathematics, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University, Mueang district, Kalasin Province, 46000

<sup>4</sup> Division of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Mueang district, Kalasin Province, 46000

---

**ARTICLE INFO**
**Article history**

Received: 18 April 2024

Revised: 21 May 2024

Accepted: 4 June 2024

Online published: 28 June 2024

---

**Keyword**

*Capsicum annuum L.*  
germination percentage  
seed vigor  
seed priming  
magnetic field intensity

**ABSTRACT**

This study investigates the effects of permanent magnetic fields and soaking duration on seed germination and seedling growth of California sweet pepper (*Capsicum annuum L.*). The experiment followed a 3×4 factorial design in a randomized complete block, examining two factors: magnetic field intensity at three levels (0 mT, 25 mT, 50 mT) and soaking duration at four levels (0, 3, 6, 9 hours). Seeds were soaked in magnetically treated water, dried, and tested for germination according to standard protocols. Results indicated that a magnetic field intensity of 50 mT increased the germination percentage in the laboratory ( $P<0.05$ ). Soaking seeds in magnetically treated water for 3 hours reduced the average germination time, and significantly increased the germination percentage and germination index ( $P<0.01$ ) in both laboratory and greenhouse settings. Interaction analysis revealed that soaking seeds in a 25 mT magnetic field for 3 hours resulted in the shortest average germination time (8.43 days), while soaking seeds in a 25 mT field for 6 hours yielded the highest germination percentage (84 %) and average germination index (3.89 seedlings/day) ( $P<0.05$ ). Additionally, soaking seeds in a 25 mT field for 3 hours resulted in the highest seedling height at week one. Moreover, soaking seeds in a 50 mT field for 6 hours increased chlorophyll content in seedling leaves at week two (26.85 SPAD units). In conclusion, the optimal conditions for improving sweet pepper seed germination quality were a magnetic field intensity of 25 mT and a soaking duration of 6 hours.

---

\*Corresponding author

E-mail address: dasriwises@hotmail.com (P. Khaengkhan)

Online print: 28 June 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.29>