PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

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

บทความวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดพริกหวานด้วยน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร

พิราวรรณ วสุนันต์[1] พีระยศ แข็งขัน[2] ชัชพงศ์ บางใบ[3] เอกรินทร์ สารีพัว[4] และ ปริญดา แข็งขัน[4*]

[1] *สำนักงานเกษตรอำเภอยางตลาด อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์* 46120

[2] *ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม* 44150

[3] *สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์* 46000

[4] *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

ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการสำรวจผลของสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวานพันธุ์แคลิฟอร์เนีย โดยนำเมล็ดมาแช่น้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กถาวร ตามแผนการทดลอง 3X4 Factorial experimental in randomized complete block design ดังนี้ ปัจจัย A ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร 3 ระดับ (0 mT, 25 mT, 50 mT) ปัจจัย B ระยะเวลาในการแช่น้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร มี 4 ระดับ (0 3 6, 9 ชม.) จากนั้นนำเมล็ดผึ่งให้แห้งและทดสอบความงอกมาตรฐาน ความแข็งแรงและการเจริญเติบโตของต้นกล้า พบว่า ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร 50 mT ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกในห้องปฏิบัติการ ($P<0.05$) การแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรเป็นเวลา 3 ชม. ช่วยลดเวลาเฉลี่ยในการงอก เพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกของเมล็ด ($P<0.01$) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ด พบว่า การแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร 25 mT นาน 3 ชม. ช่วยให้เวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด (8.43 วัน) ในโรงเรือนการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กความเข้ม 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 คือความเข้มสนามแม่เหล็ก 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 เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและเกิดการพัฒนาในทางที่ดี (Alemán et al., 2014) เกิดการกระตุ้นกิจกรรมของสารชีวโมเลกุลสำหรับเจริญเติบโตของต้นอ่อนและเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด (Carbonell et al., 2000) สันนิษฐานว่ามีการสั่นของไอออนไซโคลตรอนเกิดการแยกไอออนของ Ca^{2+} และทำให้ความเข้มของ Ca^{2+} อิสระเพิ่มขึ้น Ca^{2+} ที่เพิ่มขึ้นอาจส่งสัญญาณให้เซลล์เข้าสู่ วัฏจักรไมโทติคในช่วงต้น (Vashisth et al., 2013) มีการเปลี่ยนแปลงระดับของ Ca^{2+} ภายในเซลล์ และความหนาแน่นของกระแสไอออนอื่น ๆ ภายในเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันออสโมติก และมีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น (Reina et al., 2001) เกิดปฏิสัมพันธ์กับกระแสไอออนเปลี่ยนการนำไฟฟ้าไอออนของเมมเบรน ความเข้มและความดันออสโมติกทั้งสองด้านของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลต่อกลไกการดูดน้ำของเมล็ด (Reina & Pascual, 2001)

*Corresponding author

E–mail address: pkparinda@gmail.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

การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวานโดยการใช้สนามแม่เหล็ก (magnetic field) มีรายงานว่า สนามแม่เหล็กมีผลต่อการเจริญเติบโตและกระบวนการพัฒนาของพืช การงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้า Aladjadjiyan (2002) ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กคงที่ความเข้ม 0, 15 mT ต่อการงอกเมล็ดข้าวโพด พบว่าสนามแม่เหล็กกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ส่งผลให้มีพลังงานในการงอก เมล็ดมีการงอก น้ำหนักสด และความยาวของต้นอ่อนเพิ่มขึ้น ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเมล็ดที่ทรีตด้วยสนามแม่เหล็กเป็นเวลา 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

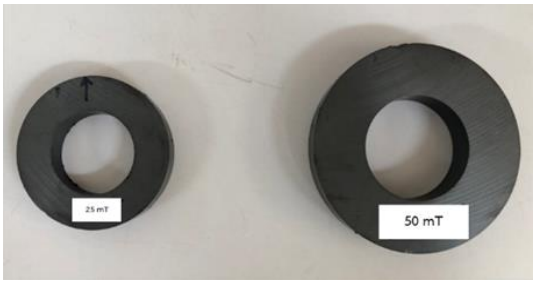
ปัจจัยที่ 2 (B) ระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กถาวร

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

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ และโรงเรือนเพาะชำ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

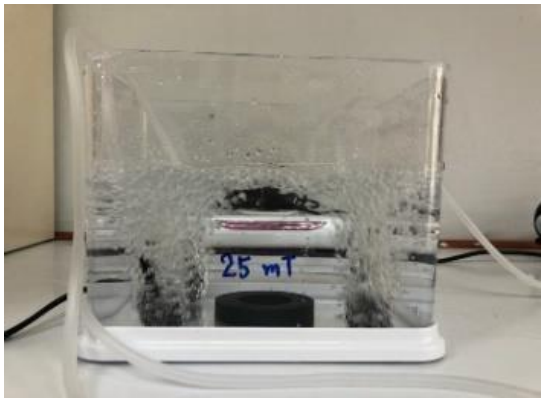
1. การเตรียมน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็กถาวร นำแม่เหล็กถาวรชนิดเฟอร์ไรต์ (Figure 1a) มาวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก ด้วยเครื่อง Pasport 2-axis magnetic field (Figure 1b) ให้ได้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 25 mT และ 50 mT จากนั้นนำแม่เหล็กถาวรวางในตู้พลาสติก เติมน้ำกลั่น 1,000 มล. เปิดแอร์ปั๊มเพื่อให้น้ำไหลเวียนผ่านสนามแม่เหล็กถาวร (Figure 1c) และแช่เมล็ดพันธุ์พริกหวานร่วมกับแม่เหล็กถาวรที่เวลา 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)

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

2) เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time, MGT) ดังสูตร

$$MGT\ (\text{วัน}) = \frac{(G1 \times D1 + G2 \times D2 + \ldots + Gn \times Dn)}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}}$$

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

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

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 นำต้นกล้าปกติตัดเอาเฉพาะส่วนของยอดอ่อนและรากอ่อน นำไปอบที่ อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชม. แล้วชั่งน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง หน่วยเป็นมิลลิกรัม นำผลที่ได้มาคำนวณ SGR ดังนี้

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

2) ปริมาณคลอโรฟิลล์ (chlorophyll content, SPAD unit) ในสภาพโรงเรือนสุ่มเก็บ 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 แล้วนำใบจริงชุดที่ 1 ของแต่ละต้น จำนวน 2 ใบต่อต้น มาวัดพื้นที่ใบด้วยเครื่องเครื่องวัดพื้นที่ใบ 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) ความเป็นกรดด่างของน้ำทั้งก่อนและหลังของน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็ก โดยใช้เครื่อง pH meter

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

คุณภาพการงอกเมล็ดพันธุ์พริกหวาน

1. เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน (germination percentage) ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่สภาพโรงเรือนพบว่าการใช้และไม่ใช้สนามแม่เหล็กถาวรที่ระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 3 6 และ 9 ชม. มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานสูง ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีความงอกระหว่าง 71-84 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ส่วนการใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT และแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 0 ชม. มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำที่สุด 15.50 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

2. เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน (mean germination time) ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน โดยในสภาพห้องปฏิบัติการ การไม่ใช้สนามแม่เหล็กถาวรและแช่เมล็ดในน้ำระยะเวลา 3, 6 และ 9 ชม. การใช้สนามแม่เหล็กถาวรความเข้ม 25 mT และแช่เมล็ดในน้ำระยะเวลา 3 และ 9 ชม. การใช้สนามแม่เหล็กถาวร 50 mT และแช่เมล็ดในน้ำระยะเวลา 6 และ 9 ชม. มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานน้อย โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 8.37-9.09 วัน ($P<0.05$) ส่วนการใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 0, 25 และ 50 mT แช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 0 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 10.48-11.03 วันในขณะที่สภาพโรงเรือนพบว่า การใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT และแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 9 ชม. มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานเร็วสุด เท่ากับ 10.39 วัน ($P<0.05$) ส่วนการใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 0, 25 และ 50 mT แช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 0 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกมาก ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 12.51-12.56 วัน (Table 1)

3. ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน (germination index) ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่ในสภาพโรงเรือนพบว่าการใช้สนามแม่เหล็กถาวร 25 mT และ 50 mT แช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 3, 6 และ 9 ชม. มีผลทำให้ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าดัชนีการงอกอยู่ระหว่าง 3.28-3.89 ส่วนการใช้สนามแม่เหล็กถาวร 50 mT โดยไม่มีการแช่เมล็ด มีดัชนีการงอกน้อยที่สุด 0.63 (Table 1)

การเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน

1. ความยาวของต้นกล้าพริกหวานในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ในสภาพห้องปฏิบัติการพบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสัปดาห์ที่ 1 โดยพบว่า การไม่ใช้สนามแม่เหล็กถาวรและการใช้สนามแม่เหล็กถาวรที่ 25 และ 50 mT เป็นเวลา 3 ชม. และสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เป็นเวลา 9 ชม. มีผลทำให้ต้นกล้าพริกหวานมีความยาวของต้นกล้าสูง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.75-4.19 ซม. ส่วนการใช้สนามแม่เหล็กถาวรที่ 25 mT เป็นเวลา 6 ชม. มีความยาวต้นกล้าน้อยที่สุด 2.66 ซม. ($P<0.01$) เมื่อพิจารณาในสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ส่วนความยาวของต้นกล้าพริกหวานในสภาพโรงเรือนพบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 โดยความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 25 และ 50 mT เป็นเวลา 3, 6 และ 9 ชม. มีผลทำให้ความยาวของต้นกล้าพริกหวานสูง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความยาวต้นกล้าอยู่ระหว่าง 4.95-5.19 ซม. สำหรับในสัปดาห์ที่ 2 พบว่าความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 0 mT เป็นเวลา 3 ชม. ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 25 mT เป็นเวลา 6 และ 9 ชม. และความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เป็นเวลา 3, 6 และ 9 ชม. มีความยาวต้นกล้าอยู่ระหว่าง 7.63-8.83 ซม. มีผลทำให้ความยาวของต้นกล้าพริกหวานสูง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (Table 2)

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริกหวานในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ในสภาพห้องปฏิบัติการพบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสัปดาห์ที่ 2 โดยพบว่า การใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เป็นเวลา 6 ชม. มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริกหวานสูงสุด ($P<0.05$) (Table 3) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพโรงเรือน

3. พื้นที่ใบพริกหวานในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ในสภาพห้องปฏิบัติการพบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร โดยการใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เป็นเวลา 6 ชม. มีผลทำให้พื้นที่ใบพริกหวานสูงสุดเท่ากับ 642.85 มม.^{2} ($P<0.01$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพโรงเรือน (Table 4)

4. น้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวานในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ในสภาพห้องปฏิบัติการพบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร โดยการใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เป็นเวลา 3, 6 และ 9 ชม. มีผลทำให้น้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวานสูง เท่ากับ 1.41 1.70 และ 1.47 กรัม ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพโรงเรือน (Table 4)

5. ความยาวรากของต้นกล้าพริกหวานในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรมีผลต่อความยาวรากของต้นกล้าพริกหวานทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน (Table 4)

6. น้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ในสภาพห้องปฏิบัติการพบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร โดยการใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เป็นเวลา 3, 6 และ 9 ชม. มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานสูง เท่ากับ 0.1456 0.1836 และ 0.1490 กรัมตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพโรงเรือน (Table 4)

7. อัตราการเจริญของต้นกล้าพริกหวานในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

ในสภาพห้องปฏิบัติการพบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร และระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวร โดยการใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เป็นเวลา 3 และ 6 ชม. มีผลทำให้อัตราการเจริญของต้นกล้าพริกหวานสูง เท่ากับ 0.0236 และ 0.0290 กรัม ตามลำดับ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำผ่านสนามแม่เหล็กถาวรในสภาพโรงเรือน (Table 4)

ความเป็นกรดด่างของน้ำ

จากผลการตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่างของน้ำที่ใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาในการแช่สนามแม่เหล็กถาวรตามกรรมวิธีทดลองที่แตกต่างกัน พบว่าค่าปฏิสัมพันธ์มีความแตกต่างทางสถิติ โดยความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 25 mT แช่เมล็ดเป็นเวลา 6 ชม. มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำสูงสุด เท่ากับ 8.93 รองลงมาคือ ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 25 mT แช่เมล็ดเป็นเวลา 3 ชม. และความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT แช่เมล็ดเป็นเวลา 9 ชม. เท่ากับ 8.45 และ 8.39 ตามลำดับ ($P<0.01$) (Table 5)

จากผลการวิเคราะห์หาความแปรปรวนตามแผนการทดลอง พบว่าความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่แตกต่างกัน มีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก และผลการทดลองในครั้งนี้ พบว่าความเข้มสนามแม่เหล็ก

ถาวรที่ 25 mT เป็นเวลา 3 ถึง 9 ชม. มีผลทำให้น้ำมีความเป็นด่างสูงขึ้น ดัชนีการงอก และความสูงเพิ่มขึ้น ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เป็นเวลา 3 ถึง 9 ชม. ทำให้น้ำมีความเป็นด่างสูงขึ้น มีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก ดัชนีการงอก ความสูง ปริมาณคลอโรฟิลล์ พื้นที่ใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญของต้นกล้าพริกหวานเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัย Florez et al. (2019) ซึ่งรายงานว่าความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่แตกต่างกันมีผลทำให้การงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วขึ้นต่างกัน

การใช้สนามแม่เหล็กถาวรเป็นวิธีการทางฟิสิกส์ที่มีผลทำให้เพิ่มความเข้มของไอออน อนุมูลอิสระ และประจุไฟฟ้าอิเล็กตรอน ช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์สามารถดูดซึมน้ำและทำให้ไอออนเคลื่อนที่ได้ดียิ่งขึ้น กระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาในด้านต่าง ๆ เช่น การแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโตของพืชได้ดี และดัชนีความแข็งแรงของพืชเพิ่มขึ้น (Senglathsamy 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 พบว่าความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 50 mT เวลา 6 ชม. มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุดที่ 26.85 จากการรายงานของ Karkush et al. (2019) และ Chaemchamrat & Phurahong (2022) สนามแม่เหล็กถาวรมีผลทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เพิ่มขึ้น โดยมีการเพิ่มขึ้นของอิออนของธาตุบางชนิด ได้แก่ แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม คลอรีน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง โดยพบว่าความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรที่ 25 mT มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เพิ่มขึ้น เท่ากับ 8.29 ซึ่งการใช้สนามแม่เหล็กถาวรสามารถเปลี่ยนโครงสร้างขนาดการรวมตัวโมเลกุลของน้ำที่มีขนาดใหญ่ (ขนาด 50 โมเลกุล) ภายในเซลล์ของเมล็ดให้มีขนาดการรวมตัวโมเลกุลเล็กลง (ขนาด 5 โมเลกุล) และมีความเสถียร การที่องศาภายในโมเลกุลของน้ำมีองศาที่ลดลง จะทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ภายในเซลล์เมล็ดได้สูงขึ้น มีผลต่อการเกิดเมแทบอลิซึมในกระบวนการงอก (Khaengkhan, 2023)

สรุปผลการวิจัย

ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร 25 mT เป็นเวลา 3 ชม. ลดเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นและเพิ่มความสูงของต้นกล้าพริกหวาน ส่วนความเข้มสนามแม่เหล็ก 50 mT เป็นเวลา 6 ชม. เพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ พื้นที่ใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าในสภาพห้องปฏิบัติการ ในสภาพโรงเรือน ความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร 25 mT เป็นเวลา 6 ชม. มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกสูงสุด รวมถึงทำให้ต้นกล้าพริกหวานมีความยาวสูงสุด ส่วนความเข้มสนามแม่เหล็กถาวร 50 mT เป็นเวลา 9 ชม. ลดเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น ความเข้มสนามแม่เหล็ก 25 mT เป็นเวลา 6 ชม. ยังมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำสูงสุด นอกจากนี้ เมล็ดพันธุ์พริกหวานที่มีดัชนีการงอกสูงในห้องปฏิบัติการ จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกและดัชนีการงอกสูงในสภาพโรงเรือนเช่นกัน จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าความเข้มสนามแม่เหล็กถาวรและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้สนามแม่เหล็กต่อคุณภาพการงอกของเมล็ดพริกหวาน คือ 25 mT ที่ระยะเวลา 6 ชม. ทั้งนี้ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้สนามแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มสูงขึ้นเพื่อลดระยะเวลาในการแช่เมล็ดพันธุ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่สนับสนุนพื้นที่ในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณนายนพรัตน์ 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	*	*	*
Factor A x B						
0 mT x 0 hr	52.50	11.03 a[1/]	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

[1/]= 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[1/]	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

[1/]= 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 chlorophyll contents (SPAD unit)			Greenhouse 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[1/]	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

[1/]= 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^2)	Fresh weight (g)	Root length (cm)	Dry weight (g)	SGR (g)	Leaf area (mm^2)	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[1/]	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

[1/]= 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[1/]
	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

[1/]= 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

Aladjadjiyan, A. (2002). Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mais*. *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., Emiroğlu, Ö., Alikamanoğlu, 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

Senglathsamy, 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., Yıldırım, 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[1] Phirayot Khaengkhan[2] Chatpong Bangbai[3] Eakrin Sareepua[4] and Parinda Khaengkhan[4*]

[1] *Yangtalat District Agricultural Extention Office, Yangtalat District, Kalasin Province, 46120*
[2] *Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Maha Sarakham University, Kantarawichai district, Maha Sarakham Province, 44150*
[3] *Division of Science and Mathematics, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University, Mueang district, Kalasin Province, 46000*
[4] *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: pkparinda@gmail.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