



ผลของพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ ต่อความงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนคะน้า

Effect of Dielectric Barrier Discharge Plasma on Seed Germination and Seedling Growth of Chinese Kale

ภาณุมาศ ฤทธิไชย^{1*}, เยาวพา จิระเกียรติกุล¹, สุธิยา จันทร์ศรี¹, สืบศักดิ์ สุขแสงพนมรุ่ง², นพพร พูลยรัตน์²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

²ศูนย์วิศวกรรมและเทคโนโลยีนิวเคลียร์ชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ นครนายก 26120

Panumart Rithichai^{1*}, Yaowapha Jirakiattikul¹, Suthiya Chansri¹,

Suebsak Suksaengpanomrung², Nopporn Poolyarat²

¹Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Pathum Thani 12120

²Center for Advanced Engineering and Nuclear Technology, Thailand Institute of Nuclear Technology,

Nakhon Nayok 26120

Received 22 November 2022; Received in revised 3 January 2023; Accepted 10 January 2023

บทคัดย่อ

พลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ (DBD พลาสมา) เป็นพลาสมาเย็นที่สามารถใช้เพิ่มคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของพืชได้หลายชนิด ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ DBD พลาสมาต่อความงอก ความแข็งแรงของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนคะน้า (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) โดยนำเมล็ดคะน้าพันธุ์อัญมณี 50 และบางบัวทอง 35 ไปฉาย DBD พลาสมา นาน 5 10 20 40 และ 80 วินาที เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมาเป็นสิ่งทดลองควบคุม พบว่าเมล็ดที่ผ่านการฉาย DBD พลาสมา นาน 5 วินาที มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีการงอกสูง มีค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกต่ำแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา การเพิ่มระยะเวลาในการฉาย DBD พลาสมา นานตั้งแต่ 10 วินาทีขึ้นไปส่งผลให้เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมล็ดที่ผ่านการฉาย DBD พลาสมาทุกระยะเวลาให้ต้นอ่อนที่มีความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: คะน้า; ดัชนีการงอก; เปอร์เซ็นต์ความงอก; การเจริญเติบโตของต้นอ่อน

Abstract

Dielectric barrier discharge plasma (DBD plasma) is cold plasma that can be utilized to enhance the seed quality of various plant species. The objective of this study was to investigate the effect of DBD plasma on seed germination, vigor, and seedling growth of Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*). Two cultivars of Chinese kale seeds, 'Aun Ya Ma Nee 50' and 'Bang Bua Thong 35' were treated with DBD plasma for 5, 10, 20, 40, and 80 s compared to non-treated seeds as control. The 5 s DBD plasma-treated seeds revealed high germination percentage and germination index as well as low mean time to germination, which was not significantly different from the control. Seeds exposed to DBD plasma for 10 s or longer times resulted in remarkably low seed germination and vigor. However, shoot and root lengths, fresh and dry weights of seedlings derived from DBD plasma-treated seeds for all exposure times showed non-significant difference.

Keywords: Chinese kale; Germination index; Germination percentage; Seedling growth

1. บทนำ

คะน้า (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) เป็นผักในตระกูล Brassicaceae ที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากในประเทศไทย คะน้าเป็นผักอายุสั้น ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด โดยทั่วไปการปลูกและดูแลรักษาพืชเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง การงอกของเมล็ดเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการเพาะปลูก โดยเฉพาะสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศอย่างรวดเร็ว การใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี งอกได้เร็ว มีความงอกสม่ำเสมอ ให้ต้นกล้าที่แข็งแรง จะทำให้พืชสามารถอยู่รอดได้ในแปลงปลูกที่มีสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน การใช้เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อเพิ่มความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดก่อนการเพาะปลูกมีหลายวิธี [1, 2] เช่น การแช่เมล็ดในน้ำร้อน การใช้วิธีกล การใช้ความเย็น การ priming เมล็ดด้วยน้ำหรือสารละลาย เป็นต้น วิธีการเหล่านี้มักมีข้อจำกัด มีวิธีการปฏิบัติที่ยุ่งยาก ใช้เวลานาน รวมถึงใช้สารเคมีซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

ปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมากันอย่างแพร่หลาย เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอาหาร ทางการแพทย์ และทางด้านการเกษตร เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่

สะอาด ไม่ใช้สารเคมี จึงมีความปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [3, 4] อีกทั้งการฉายพลาสมามักจะทำให้ในระยะเวลาสั้นๆ [5] ทำให้โครงสร้างทางกายภาพและทางเคมีของผิววัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แต่ไม่ทำให้คุณลักษณะดั้งเดิมเปลี่ยนไปจึงส่งผลกระทบต่อเพียงเล็กน้อยกับวัตถุนั้นๆ [6, 7, 8, 9] พลาสมาแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ (DBD พลาสมา) เป็นพลาสมาเย็นที่สร้างจากเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ DBD โดยใช้หลักการสะสมและคายประจุบนไดอิเล็กทริกด้วยไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์สูง [6, 8] พลาสมาที่เกิดขึ้นประกอบไปด้วยอิเล็กตรอน ไอออน รัศมีวีไอโซน ความร้อน อนุภาคลิเธียมทั้งสารประกอบในกลุ่มออกซิเจนหรือไนโตรเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา [2] ในทางการเกษตรได้มีการนำเทคโนโลยีพลาสมาประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้านรวมถึงเพิ่มคุณภาพเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการฉายพลาสมาเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ด เช่น เมล็ดผักกาดหอมผ่านการฉาย DBD พลาสมา นาน 60 วินาที เมล็ดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นโดยสามารถงอกได้เร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมล็ดผ่านการฉาย DBD พลาสมา นาน 15-240 วินาทีหรือไม่ผ่านการฉายพลาสมา มีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [10]

นอกจากนี้ต้นอ่อนผักกาดหอมพันธุ์ Sweet Green มีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเมล็ดผ่านการฉาย DBD พลาสมา นาน 60 และ 240 วินาที แต่พันธุ์ Seafresh ไม่มีการตอบสนองต่อการฉายพลาสมา [11] เมล็ดถั่วลิสงผ่านการฉายพลาสมา นาน 120 วินาที เมล็ดคุดน้ำได้เร็วขึ้น มีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [12] ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายพลาสมาให้กับเมล็ดแตงกวาและพริก คือ 20 และ 4 วินาที ตามลำดับ ซึ่งทำให้เมล็ดมีความงอกสูงสุด [9] จากรายงานข้างต้นจะเห็นได้ว่าการใช้พลาสมาที่ระยะเวลาต่างๆ ส่งเสริมการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าแตกต่างกันไปตามชนิดและพันธุ์พืช อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการใช้ DBD พลาสมาในเมล็ดคะน้า ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนคะน้า เมื่อฉาย DBD พลาสมาให้กับเมล็ด นาน 5 10 20 40 และ 80 วินาที เปรียบเทียบกับการไม่ฉายพลาสมา

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 เมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์คะน้าที่ใช้ในการทดลองนี้มี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์อัญมณี 50 จากบริษัท โฮมชีตส์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด และพันธุ์บางบัวทอง 35 จากบริษัท อีสท์ เวสต์ ซีด จำกัด

2.2 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 6 สิ่งทดลอง คือ การนำเมล็ดไปฉาย DBD พลาสมานาน 5 10 20 40 และ 80 วินาที เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมาเป็นสิ่งทดลองควบคุม

2.3 การฉาย DBD พลาสมา

การฉาย DBD พลาสมา ใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ DBD มีขั้วอิเล็กโทรดแผ่นทองแดงคู่ขนานกับขั้วสารละลายเกลือ (normal saline solution) ถูกคั่นกลาง

ด้วยแก้วซึ่งเป็นวัสดุไดอิเล็กทริก มีระยะห่างระหว่างแผ่นไดอิเล็กทริก 2 มิลลิเมตร ก๊าซตัวกลางระหว่างแผ่นคู่ขนานคืออากาศที่ความดันบรรยากาศ ใช้กำลังไฟฟ้าความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 10 กิโลโวลต์ นำเมล็ดคะน้าพันธุ์อัญมณี 50 และพันธุ์บางบัวทอง 35 วางบนแผ่นทองแดงในเครื่องกำเนิดพลาสมาเพื่อให้ได้รับ DBD พลาสมา นาน 5 10 20 40 และ 80 วินาที

2.4 การบันทึกข้อมูล

1) ความงอก นำเมล็ดมาเพาะโดยวิธี Top of paper (TP) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ในกล่องพลาสติกขนาด $7 \times 9 \times 4$ เซนติเมตร ให้น้ำ 10 มิลลิลิตร วางในตู้เพาะที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ให้แสง 8 ชั่วโมงและมีด 16 ชั่วโมง ให้น้ำทุกวัน บันทึกจำนวนต้นกล้าปกติเมื่ออายุ 5 และ 10 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอก [13]

2) ความแข็งแรงของเมล็ด บันทึกข้อมูลดังนี้

2.1) ระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก เพาะเมล็ดเช่นเดียวกับการทดสอบความงอก บันทึกจำนวนต้นกล้าปกติทุกวันจนถึงอายุ 10 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำไปคำนวณระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean time to germination; MTG) [14] จากสูตร $MTG = \frac{\sum T_i N_i}{\sum N_i}$ เมื่อ T_i = จำนวนวันหลังเพาะเมล็ด N_i = จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวันหลังเพาะเมล็ด

2.2) ดัชนีการงอก เพาะเมล็ดเช่นเดียวกับการทดสอบความงอก บันทึกจำนวนต้นกล้าปกติทุกวันจนถึงอายุ 10 วันหลังเพาะ จากนั้นนำไปคำนวณดัชนีความงอก (Germination Index; GI) จากสูตร $GI = \text{ผลรวมของ [จำนวนต้นกล้าปกติที่งอก/จำนวนวันที่เพาะแต่ละวัน]}$

3) การเจริญเติบโตของต้นอ่อน นำเมล็ดมาเพาะเช่นเดียวกับการทดสอบความงอก เมื่อต้นอ่อนอายุ 5 วันหลังเพาะเมล็ด บันทึกข้อมูลความสูงต้น และความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งทั้งต้นและราก โดยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ด

การนำเมล็ดคะน้าพันธุ์อู๋มณี 50 และพันธุ์บางบัวทอง 35 มาฉาย DBD พลาสมา นาน 5 10 20 40 และ 80 วินาทีเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ฉายพลาสมา

พบว่า ความงอกของเมล็ดในวันที่ 5 และ 10 หลังเพาะเมล็ด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดคะน้าทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อระยะเวลาในการฉายพลาสมาเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมล็ดที่ผ่านการฉาย DBD พลาสมา นาน 5 วินาที มีความงอกสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉาย DBD พลาสมา การเพิ่มระยะเวลาในการฉาย DBD พลาสมา ตั้งแต่ 10 วินาทีขึ้นไปเมล็ดมีความงอกลดลง การฉาย DBD พลาสมา นาน 40 และ 80 วินาที เมล็ดมีความงอกต่ำที่สุด (Figure 1)

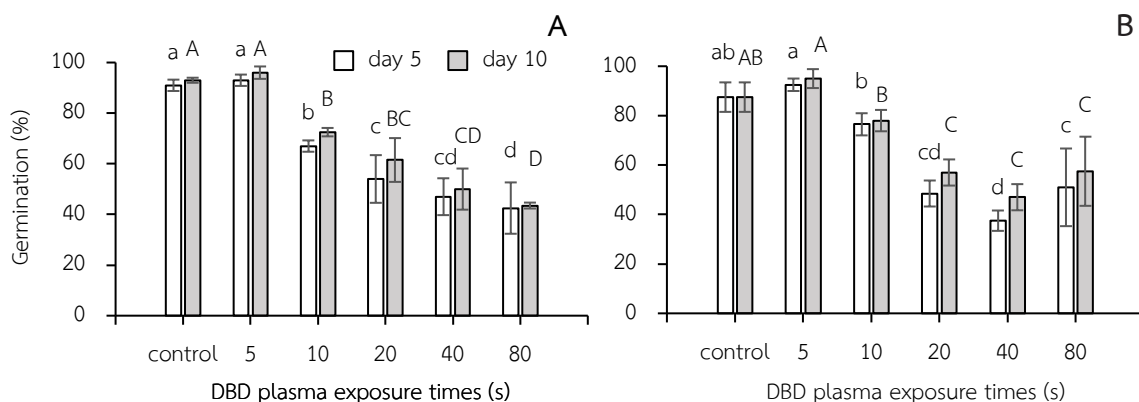


Figure 1 Germination percentages of Chinese kale seeds subjected to DBD plasma treatments for 5, 10, 20, 40, and 80 s comparing to control: (A) 'Aun Ya Ma Nee 50' and (B) 'Bang Bua Thong 35'. Data are means of four replicated samples and error bars indicate $\pm$ SD. The same lowercase and uppercase letters indicate non-significant difference by DMRT test at $p \leq 0.05$

ความแข็งแรงของเมล็ด พบว่า การฉาย DBD พลาสมาที่ระยะเวลาต่างๆ เมล็ดจะนำพันธุ์อัญมณี 50 มีระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.57 ± 0.07 ถึง 2.96 ± 0.22 วัน แต่พันธุ์บางบัวทอง 35 การฉาย DBD พลาสมา นาน 5 10 และ 80 วินาที เมล็ดงอกเร็วและมีระยะเวลาเฉลี่ย

ในการงอก (3.28 ± 0.10 3.41 ± 0.32 และ 3.11 ± 0.19 วัน ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ฉายพลาสมา (3.05 ± 0.05 วัน) ส่วนการฉาย DBD พลาสมา 20 และ 40 วินาที เมล็ดงอกช้าที่สุด 3.80 ± 0.41 และ 4.12 ± 0.70 วัน ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Mean time to germination (MTG) and germination index (GI) of Chinese kale seeds; ‘Aun Ya Ma Nee 50’ and ‘Bang Bua Thong 35’ subjected to DBD plasma treatments for 5, 10, 20, 40 and 80 s comparing to control.

DBD plasma exposure times (s)	‘Aun Ya Ma Nee 50’		‘Bang Bua Thong 35’	
	MTG	GI	MTG	GI
Control	2.70 ± 0.07	18.42 ± 0.78^a	3.05 ± 0.05^c	16.35 ± 0.55^a
5	2.57 ± 0.07	18.58 ± 0.28^a	3.28 ± 0.10^{bc}	13.84 ± 0.38^b
10	2.75 ± 0.12	13.82 ± 2.03^b	3.41 ± 0.32^{bc}	11.77 ± 0.87^{bc}
20	2.96 ± 0.22	11.85 ± 1.47^{bc}	3.80 ± 0.41^{ab}	9.66 ± 1.28^c
40	2.91 ± 0.26	9.98 ± 1.55^c	4.12 ± 0.70^a	6.78 ± 1.63^d
80	2.74 ± 0.06	7.14 ± 1.26^d	3.11 ± 0.19^c	11.43 ± 2.68^{bc}
F-test	ns	**	**	**

Means $\pm$ S.D. within each column followed by the same letters are not significantly different at level by DMRT, ns non-significantly different at $p > 0.05$, ** significantly different at $p \leq 0.01$

ดัชนีการงอก พบว่า เมล็ดพันธุ์อัญมณี 50 ที่ผ่านการฉาย DBD พลาสมา 5 วินาที มีดัชนีการงอกสูง (18.58 ± 0.28) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา (18.42 ± 0.78) การเพิ่มระยะเวลาในการฉาย DBD พลาสมาเป็น 10 20 40 และ 80 วินาที เมล็ดมีดัชนีในการงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนพันธุ์บางบัวทอง 35 พบว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมามีค่าดัชนีการงอกสูงสุด (16.35 ± 0.55) แต่การฉาย DBD พลาสมาทุกระยะเวลาทำให้เมล็ดมีค่าดัชนีการงอกลดลงตามระยะเวลาการฉายพลาสมาที่เพิ่มขึ้น (Table 1)

เมล็ดที่ได้รับการฉาย DBD พลาสมาจะได้รับผลกระทบโดยตรงจากไอออนบวก อิเล็กตรอน ซิงเกิ้ลทออกซิเจน โอโซน อนุมูลไฮดรอกซิล ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไนตริกออกไซด์ รังสียูวี เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเปลือกหุ้มเมล็ดทั้งทางกายภาพและทางเคมี รวมทั้งกระบวนการทางสรีรวิทยาภายในเมล็ด [2, 9, 15, 16] เมล็ดที่ผ่านการฉายพลาสมาเปลือกหุ้มเมล็ดจะบางลง พื้นผิวเมล็ดสามารถสัมผัสกับน้ำได้ดี ช่วยให้น้ำและออกซิเจนจากภายนอกถูกดูดซับผ่านเข้าไปภายในเมล็ดได้ดีขึ้น ในขณะที่เยื่อหุ้มเซลล์อิมบิโสมที่ผ่านเข้าไปภายในเมล็ดจะเป็นตัวส่งสัญญาณให้

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี โดยส่งเสริมการสังเคราะห์ ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน และย่อยสลายกรดแอบซิสิก ส่งผลให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้นและงอกได้เร็วขึ้น [2, 16] อย่างไรก็ตามการใช้พลาสมาเพื่อเพิ่มความงอกของเมล็ดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของพลาสมา เครื่องกำเนิดพลาสมา สภาวะในการสร้างพลาสมา ระยะเวลาในการฉายพลาสมา เป็นต้น [17] รวมทั้งยังมีข้อจำกัดจากความเฉพาเจาะจงกับชนิดของพืช [18] โดยทั่วไปการฉายพลาสมาที่ระยะเวลาสั้นๆ จะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด [5] ในการทดลองนี้ นำเมล็ดคณันพันธุ์อัญมณี 50 และพันธุ์บางบัวทอง 35 มาฉาย DBD พลาสมา นาน 5 วินาทีเมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงสูงที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา การฉาย DBD พลาสมานาน 10 20 40 และ 80 วินาที เมล็ดมีความงอกลดลงและงอกช้าลงอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งเมล็ดที่ไม่งอกส่วนใหญ่เป็นเมล็ดตาย (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แสดงให้เห็นว่า DBD พลาสมาที่ได้จากเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ DBD ที่ใช้ในการทดลองนี้อาจจะยังไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพของเมล็ดคณัน การฉาย DBD พลาสมายาวนานตั้งแต่ 10 วินาทีขึ้นไป ส่งผลกระทบทางลบต่อเมล็ดทำให้เมล็ดตายเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาในการฉายพลาสมา อาจเป็นเพราะได้รับอิทธิพลจากรังสียูวี อนุภาคละเอียดทั้งสารประกอบในกลุ่มออกซิเจนหรือไนโตรเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาที่อยู่ภายในพลาสมามากเกินไป ผลการทดลองนี้ให้ผลสอดคล้องกับงานทดลองของ Singhawiboon et al. [19] ที่พบว่า การฉาย DBD พลาสมา นาน 15 ถึง 240 วินาที ไม่สามารถเพิ่มความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พริกขี้หนู พันธุ์ดำเนิน 1 พันธุ์เล็บมือนางผลสั้น และพันธุ์ห้วยสีทน ได้ อีกทั้งเมล็ดพริกขี้หนูทั้งสามพันธุ์ยังมีความงอกลดลงและมีเมล็ดตายเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการฉายพลาสมา สำหรับความงอกของเมล็ดบางชนิด เช่น ผักกาดหอม [10] ข้าวโอ๊ต [20] แม้ว่าจะฉายพลาสมาระยะเวลาสั้นหรือยาวนานก็ตามเมล็ดเหล่านี้มีความงอกไม่แตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา ในทางตรงกันข้ามเมล็ดพืชบางชนิดเมื่อได้รับการฉายพลาสมาในระยะเวลาที่เหมาะสมจะเพิ่มความงอกและความแข็งแรงของเมล็ด แต่ถ้าใช้เวลานานเกินไปก็ทำให้เมล็ดมีความงอกลดลงและงอกช้าลง เช่น การฉายพลาสมา นาน 5 นาที เมล็ดยี่ห่วยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีการงอกสูง แต่การเพิ่มระยะเวลาเป็น 10 นาที ทำให้เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงลดลง [21] เช่นเดียวกับเมล็ดพริกการฉายพลาสมานาน 4 วินาทีเมล็ดมีความงอกสูงและลดลงเมื่อฉายพลาสมานาน 15 วินาที [9]

3.2 การเจริญเติบโตของต้นอ่อน

ต้นอ่อนที่งอกจากเมล็ดคณันพันธุ์อัญมณี 50 ที่ผ่านการฉาย DBD พลาสมาที่ระยะเวลาต่างๆ มีความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสูงต้น 3.51 ± 0.24 ถึง 3.99 ± 0.21 เซนติเมตร ความยาวราก 1.74 ± 0.44 ถึง 2.47 ± 0.54 เซนติเมตร น้ำหนักสด 27.62 ± 6.95 ถึง 37.12 ± 5.65 มิลลิกรัม/ต้น และน้ำหนักแห้ง 4.09 ± 0.24 ถึง 4.30 ± 0.31 มิลลิกรัม/ต้น (Table 2) ส่วนพันธุ์บางบัวทอง 35 พบว่า การนำเมล็ดมาฉาย DBD พลาสมาที่ระยะเวลาต่างๆ ให้ต้นอ่อนที่มีความสูงต้น และความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดที่ได้รับการฉาย DBD พลาสมา นาน 40 วินาที ต้นอ่อนมีความสูงต้นสูงที่สุด 4.08 ± 0.45 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับต้นอ่อนที่ได้จากเมล็ดที่ฉาย DBD พลาสมา นาน 5 20 และ 80 วินาที รวมทั้งเมล็ดที่ไม่ได้ฉาย DBD พลาสมา และต้นอ่อนที่ได้จากเมล็ดที่ฉาย DBD พลาสมา นาน 10 วินาที มีความสูงต้นน้อยที่สุด สำหรับความยาวราก การฉาย DBD พลาสมา นาน 5 วินาที ให้ต้นอ่อนที่มีความยาวรากสูงที่สุด 3.00 ± 0.49 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับต้นอ่อนที่ได้จากเมล็ดที่ฉาย DBD พลาสมา นาน 20 40 และ 80 วินาที รวมทั้งเมล็ดที่ไม่ได้ฉาย DBD พลาสมา ต้นอ่อนที่ได้จากเมล็ดที่ฉาย DBD พลาสมา นาน 10 วินาที

Table 2 Shoot and root lengths, fresh weight (FW) and dry weight (DW) of Chinese kale seedlings, ‘Aun Ya Ma Nee 50’ derived from DBD plasma-treated seeds for 5, 10, 20, 40 and 80 s comparing to control.

DBD plasma exposure times (s)	Length (cm)		Seedling (mg/seedling)	
	Shoot	Root	FW	DW
control	3.55 ± 0.10	2.17 ± 0.34	27.62 ± 6.95	4.09 ± 0.24
5	3.99 ± 0.21	2.47 ± 0.54	34.18 ± 5.57	4.25 ± 0.71
10	3.93 ± 0.26	2.39 ± 0.61	33.91 ± 6.47	4.30 ± 0.31
20	3.74 ± 0.32	2.22 ± 0.61	37.12 ± 5.65	4.10 ± 0.15
40	3.51 ± 0.24	1.74 ± 0.44	35.41 ± 8.49	4.21 ± 0.15
80	3.64 ± 0.17	1.74 ± 0.19	35.48 ± 9.06	4.15 ± 0.18
F-test	ns	ns	ns	ns

ns non-significantly different at $P > 0.05$

มีความยาวรากน้อยที่สุด ส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่าต้นอ่อนที่ได้จากเมล็ดผ่านการฉาย DBD พลาสมาทุกระยะเวลา มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนัก

สด 20.36 ± 3.57 ถึง 24.55 ± 5.05 มิลลิกรัม/ต้น และ น้ำหนักแห้ง 3.85 ± 0.31 ถึง 4.41 ± 0.25 มิลลิกรัม/ต้น (Table 3)

Table 3 Shoot and root lengths, fresh weight (FW) and dry weight (DW) of Chinese kale seedlings, ‘Bang Bua Thong 35’ derived from DBD plasma-treated seeds for 5, 10, 20, 40 and 80 s comparing to control.

DBD plasma exposure times (s)	Length (cm)		Seedling (mg/seedling)	
	Shoot	Root	FW	DW
control	3.42 ± 0.21 ^{ab}	2.20 ± 0.54 ^{ab}	21.24 ± 4.95	4.01 ± 0.36
5	3.88 ± 0.33 ^{ab}	3.00 ± 0.49 ^a	20.36 ± 3.57	3.87 ± 0.24
10	3.34 ± 0.23 ^b	1.86 ± 0.45 ^b	21.49 ± 3.93	4.01 ± 0.29
20	3.61 ± 0.31 ^{ab}	2.28 ± 0.34 ^{ab}	22.89 ± 3.57	4.41 ± 0.25
40	4.08 ± 0.45 ^a	2.21 ± 0.67 ^{ab}	24.55 ± 5.05	3.85 ± 0.31
80	3.81 ± 0.20 ^{ab}	1.99 ± 0.36 ^{ab}	24.35 ± 4.93	3.93 ± 0.49
F-test	**	**	ns	ns

Means ± S.D. within each column followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ level by DMRT, ns non-significantly different at $P > 0.05$, ** significantly different at $P \leq 0.01$

อนุมูลอิสระทั้งสารประกอบในกลุ่มออกซิเจนและไนโตรเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเป็นองค์ประกอบสำคัญในพลาสมาเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกระตุ้นให้เมล็ดมีการหายใจและสร้างพลังงาน ATP ซึ่งส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า [16] อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตของต้นกล้าของพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อระยะเวลาในการฉายพลาสมาแตกต่างกันไป จากการทดลองนี้พบว่าการนำเมล็ดค่น้ำมาฉาย DBD พลาสมาที่ระยะเวลาต่างๆ ทำให้ต้นอ่อนมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา แสดงให้เห็นว่า การฉาย DBD พลาสมาไม่สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นอ่อนค่น้ำได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมล็ดค่น้ำไม่ตอบสนองต่อพลาสมาเช่นเดียวกับเมล็ดข้าวโอ๊ตเมื่อได้รับพลาสมา นาน 3 5 10 20 และ 40 นาที มีการเจริญเติบโตของต้นกล้าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา [20] ในทางตรงกันข้ามการฉาย DBD พลาสมาให้กับเมล็ดผักกาดหอมจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นอ่อนแตกต่างกันไปตามพันธุ์ พันธุ์ที่ตอบสนองต่อพลาสมาได้ดีจะมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเมล็ดผ่านการฉาย DBD พลาสมา นาน 60 และ 240 วินาที [11] หรือเมล็ดทานตะวันที่ไม่ผ่านการฉาย DBD พลาสมา นาน 60 120 และ 240 วินาที ให้ต้นอ่อนที่มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด [22]

4. สรุป

การฉาย DBD พลาสมาให้เมล็ดค่น้ำ นาน 5 วินาที เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงสูงสุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา การเพิ่มระยะเวลาในการฉาย DBD พลาสมา นาน 10-80 วินาที เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงลดลงตามระยะเวลาการฉายพลาสมาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การฉาย DBD พลาสมาให้เมล็ดค่น้ำที่ระยะเวลาต่างๆ ต้นอ่อนมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนโครงการวิจัยพื้นฐาน (Fundamental Fund) จากกองทุนส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ 2564 (รหัสโครงการ 68468)

6. References

- [1] Bruggink, G.T., 2005, Flower seed priming, pregermination, pelleting and coating, pp. 249-262, In McDonald, M.B. and Kwong, F.Y. (Eds.), Flower Seeds Biology and Technology, CABI Publishing, Wallingford.
- [2] Waskow, A., Howling, A. and Furno, I., 2021, Mechanisms of plasma-seed treatments as a potential seed processing technology, *Frontiers in Physics*. doi: 10.3389/fphy.2021.617345.
- [3] Dobrin, D., Magureanu, M., Mandache, N.B. and Ionita, M.D., 2015, The effect of non-thermal plasma treatment on wheat germination and early growth, *Innov. Food Sci. Emerg.* 29: 255-260.
- [4] Ohta, T., 2016, Plasma in agriculture. pp 205-221. In Misra, N.N., Schlüter, O. and Cullen, P.J. (Eds.) Cold plasma in food and agriculture: fundamentals and applications, Academic Press, London.
- [5] Dhayal, M., Lee, S.Y. and Park, S.U., 2006, Using low-pressure plasma for *Carthamus tinctorius* L. seed surface modification, *Vacuum* 80: 499-506.
- [6] Chirokov, A., Gutsol, A. and Fridman, A., 2005, Atmospheric pressure plasma of dielectric barrier discharges, *Pure Appl. Chem.* 77: 487-495.

- [7] Moreau, M., Orange, N. and Feuilleley, M.G.J., 2008, Non-thermal plasma technology: new tools for bio-decontamination. *Biotechnol. Adv.* 26: 610-617.
- [8] Butscher, D., Loon, H.V., Waskov, A., von Rohr, P.R. and Schuppler, M., 2016, Plasma inactivation of microorganisms on sprout seeds in a dielectric barrier discharge, *Int. J. Food Microbiol.* 238: 222-232.
- [9] Štěpánová, V., Slaviček, P., Kelar, J., Prášil, J., Smékal, M., Stupavská, M., Jurmanová, J., Černák, M., 2018, Atmospheric pressure plasma treatment of agricultural seeds of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and pepper (*Capsicum annuum* L.) with effect on reduction of diseases and germination improvement, *Plasma Process. Polym.* 15: e1700076.
- [10] Singhawiboon, M., Rithichai, R., Jirakaittikul, Y. and Poolyarat, N., 2018, Effect of dielectric barrier discharge plasma on germination and vigor of lettuce (*Lactuca sativa*) seed, *Thai Sci. Technol. J.* 26: 815-821. (In Thai).
- [11] Rithichai, R., Jirakaittikul, Y., Singhawiboon, M. and Poolyarat, N., 2019, Effect of dielectric barrier discharge plasma on growth and secondary metabolite contents of lettuce sprout, *Thai Sci. Technol. J.* 28: 2001-2012. (In Thai).
- [12] Stolarík, T., Henselová, M., Martinka, M., Novák, O., Zahoranová, A. and Černák, M., 2015, Effect of low-temperature plasma on the structure of seeds, growth and metabolism of endogenous phytohormones in pea (*Pisum sativum* L.), *Plasma Chem. Plasma Process.* 35: 659-676.
- [13] ISTA, 2007, International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- [14] Geneve, R.L., 2005, Vigour Testing in Flower Seeds, pp. 311-332, In McDonald, M.B. and Kwong, F.Y. (Eds.), *Flower Seeds Biology and Technology*, CABI Publishing, Wallingford.
- [15] Iranbakhsh, I., Ghoranneviss, M., Oraghi Ardebili, Z., Oraghi Ardebili, N., Hesami Tackallou, S., Nikmaram, H., 2017, Non-thermal plasma modified growth and physiology in *Triticum aestivum* via generated signaling molecules and UV radiation, *Biol. Plant.* 61: 702-708.
- [16] Priatama, R.A., Pervitasari, A.N., Park, S., Park, S.J. and Lee, Y.K., 2022, Current advancements in the molecular mechanism of plasma treatment for seed germination and plant growth, *Int. J. Mol. Sci.* 23: 4609. <https://doi.org/10.3390/ijms23094609>.
- [17] Dubinov, A.E., Lazarenko, E.M. and Selemer, V.D., 2000, Effect of glow discharge air plasma on grain crops seed, *IEEE Transactions on Plasma Science.* 28: 180-183.
- [18] Sarinont, T., Amano, T., Attri, P., Koga, K., Hayashi, N. and Shiratani, M., 2016, Effects of plasma irradiation using various feeding gases on growth of *Raphanus sativus* L., *Arch. Biochem. Biophys.* 605: 120-140.

- [19] Singhawiboon, M., Rithichai, R., Jirakaittikul, Y. and Poolyarat, N., 2018, Effect of dielectric barrier discharge plasma on germination and vigor of hot pepper seed (*Capicum annuum*), Agricultural Sci. J. 49(Suppl.): 65-70. (In Thai).
- [20] Šerá, B., Špatenka, P., Šerý, M., Vrchotová, N., Hrušková, I., 2010, Influence of plasma treatment on wheat and oat germination and early growth, IEEE. T. Plasma Sci. 38: 2963-2968.
- [21] Rasooli, Z., Barzin, G., Mahabadi, T.D. and Entezari, M., 2021, Stimulating effects of cold plasma seed priming on germination and seedling growth of cumin plant, S. Afr. J. Bot. 142: 106-113.
- [22] Rithichai, P., Jirakiattikul, Y., Singhawiboon, M. and Poolyarat, N., 2021, Enhancement of seed quality and bioactive compound accumulation in sunflower sprouts by dielectric barrier discharge plasma treatment, ScienceAsia. 47: 441-448. doi: 10.2306/scienceasia 1513-1874.2021.056