อิทธิพลของการไพรม์เมล็ดร่วมกับ KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้งจีน

The Influence of Primed Seed with KNO_3, KH_2PO_4 and GA_3 on Germination and Seedling Growth of Water Morning Glory (*Ipomoea aquatica* Forsk. Var. reptan)

จักรพงษ์ กางโสภา[1*] เพชรรัตน์ จี้เพชร[1] และจุฑามาศ อาจนาเสียว[1]

Jakkrapong Kangsopa[1*] Phetcarat Jeephet[1] and Chuthamat Atnaseo[1]

Received: December 17, 2020; Revised: June 8, 2021; Accepted: June 8, 2021

บทคัดย่อ

ผักบุ้งจีนเป็นหนึ่งในผักที่คนไทยนิยมนำมาประกอบอาหาร จึงมีการผลิตและเกิดธุรกิจเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนอย่างแพร่หลาย แต่ในระบบการเพาะปลูกผักบุ้งในระดับอุตสาหกรรมยังคงประสบปัญหาเมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพง่าย ทำให้เมล็ดงอกช้า และมีอัตราการงอกไม่สม่ำเสมอ มีลักษณะต้นกล้าผิดปกติ ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของ KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ที่เหมาะสมต่อการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง และติดตามการเปลี่ยนแปลงของความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้ง ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยแบ่งวิธีการทดลองออกเป็น 11 กรรมวิธีคือ เมล็ดไม่ไพรม์ การไพรม์เมล็ดร่วมกับน้ำกลั่น การไพรม์เมล็ดร่วมกับ KNO_3 อัตรา 1, 2 และ 3 % การไพรม์เมล็ดร่วมกับ KH_2PO_4 อัตรา 1, 2 และ 3 % และการไพรม์เมล็ดร่วมกับ GA_3 อัตรา 0.02, 0.05 และ 1 % ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้ การไพรม์เมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง KH_2PO_4 2 % ทำให้เมล็ดมีการงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก ความเร็วในการงอกและดัชนีความงอกสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนการไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 1 % ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงมากกว่าและแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ อีกทั้งการไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 1 % ยังทำให้เมล็ดมีการเจริญเติบโตของความยาวลำต้น และความยาวต้นกล้าดีมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

คำสำคัญ : คุณภาพเมล็ดพันธุ์; การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์; ธาตุอาหารพืช; ฮอร์โมนพืช

[1] *คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่*

[1] *Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai*

[*] *Corresponding Author E - mail Address: jakkrapong_ks@mju.ac.th*

Abstract

Water morning glory is one of the popular vegetables used in cooking among Thai people, such that there are widely established water morning glory seed business. However, industrial scale production of water morning glory is faced with problems of easily deteriorating seeds resulting in slowed and uneven germination and abnormal seedling. Therefore, the objective of this experiment was to find suitable ratio of KNO_3, KH_2PO_4 and GA_3 for the priming of morning glory seeds and to observe changing in germination rate, seedling vigor and growth parameter of morning glory seedlings. Study was conducted at the seed technology laboratory, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. Eleven different treatments were separately applied to morning glory seeds, which included no treatment, and treating by priming with distilled water, with 1, 2 or 3 % of KNO_3 (% W/V), with 1, 2 or 3 % of KH_2PO_4, and with 0.02, 0.05 or 1 % of GA_3 (% W/V). It was found that water morning glory seeds primed with 2 % KH_2PO_4 displayed the increases in radicle emergence, speed of radicle emergence, germination percentage, speed of germination and germination index when compared to untreated seeds. Priming with 1 % GA_3 resulted in higher germination rate of primed seeds compared to unprimed seeds. Moreover, priming with 1 % GA_3 also resulted in increasing seedling shoot length and total seedling length that were different, statistically, when compared primed to unprimed seeds.

Keywords: Seed Quality; Seed Enhancement; Plant Nutrients; Plant Hormones

บทนำ

ผักบุ้งจีนเป็นพืชผักที่อยู่ในวงศ์ผักบุ้ง (Convolvulaceae) ที่พบทั่วไปในเขตร้อน เป็นผักที่คนไทยนิยมนำมาประกอบอาหารได้หลายประเภท จึงมีการผลิตและเกิดธุรกิจเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะตลาดต่างประเทศ [1] ซึ่งประเทศที่ส่งออกสำคัญ ได้แก่ จีน ฮ่องกง มาเลเซีย และสิงคโปร์ เป็นต้น [2] ซึ่งจากการรายงานของ The Office of Agricultural Regulation [3] มีการส่งออกเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนในปริมาณ 2,156,667 กิโลกรัม เป็นมูลค่ามากกว่า 176.3 ล้านบาท จากความสำคัญดังกล่าวจะพบว่าผักบุ้งคือหนึ่งในผักที่สำคัญและมีความต้องการเพื่อบริโภคในปริมาณมาก อย่างไรก็ตาม การผลิตผักบุ้งภายในประเทศไทยในระดับอุตสาหกรรมยังคงประสบปัญหาเมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพได้ง่าย ทำให้งอกช้า มีลักษณะต้นกล้าผิดปกติ และมีการงอกไม่สม่ำเสมอ [4] - [5] ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค และทำให้ฟาร์มเกษตรผู้ผลิตสูญเสียความน่าเชื่อถือต่อลูกค้าประจำได้

จากปัญหาดังกล่าวทำให้นักวิจัยหรือผู้ประกอบการค้นหาวิธีการที่ง่ายและมีต้นทุนน้อยเพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งให้มีคุณภาพความงอกและความแข็งแรงที่สูงขึ้น หนึ่งในวิธีการที่นิยมใช้ คือ การทำไพรม์มิ่งเมล็ดพันธุ์ โดยการไพรม์เมล็ดพันธุ์ (Seed Priming) เป็นวิธีการปฏิบัติต่อเมล็ด

โดยการให้ความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์ โดยจะให้เมล็ดค่อย ๆ ดูดซับน้ำ ในสภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิและควบคุมระยะเวลาในการให้ความชื้นแก่เมล็ด การไพรม์เมล็ดพันธุ์จะช่วยเพิ่มกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ และกระบวนการทางชีววิทยาต่าง ๆ ภายในเมล็ดให้ดียิ่งขึ้น ส่งผลทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตดีขึ้น ส่งผลให้ต้นพืชเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตที่มากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ฮอร์โมนพืช หรือธาตุอาหารพืชบางชนิดในขั้นตอนการแช่เมล็ดเพื่อให้ดูดซับน้ำ เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการไพรม์เมล็ดพันธุ์ให้ดียิ่งขึ้นได้ [6] – [8]

โดยการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชจะมีผลช่วยส่งเสริมและกระตุ้นความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดได้ดีเพิ่มขึ้น เช่น การไพรม์เมล็ดด้วยไนโตรเจนจะมีบทบาทสำคัญต่อการกระตุ้นและควบคุมปฏิกิริยาต่าง ๆ ในกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ [9] ส่วนการไพรม์โดยใช้ฟอสฟอรัสจะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในการงอกของเมล็ด [10] ส่วนโพแทสเซียมมีความสำคัญต่อกระบวนการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเร่งปฏิกิริยาเมแทบอลึซึมของคาร์โบไฮเดรตและการเคลื่อนย้ายแป้งภายในเมล็ดให้ดีเพิ่มขึ้น [11] นอกจากนี้การใช้ฮอร์โมนพืชร่วมกับการไพรม์เมล็ดพันธุ์จะมีส่วนช่วยควบคุม ส่งเสริมการเจริญเติบโต และพัฒนาการของต้นกล้าได้ ยกตัวอย่างเช่น ช่วยเร่งอัตราการงอก การงอกราก การยืดยาวของราก และลำต้นพืชได้ [12]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราของ KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ที่เหมาะสมต่อการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง และติดตามการเปลี่ยนแปลงของความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้ง เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งให้มีความพร้อมสูงที่สุดเพื่อใช้ในระบบการผลิตได้

วิธีดำเนินการวิจัย

งานทดลองนี้ใช้เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนสำหรับทดลอง โดยได้ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม 2563 ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. **การไพรม์เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งร่วมกับ KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3**

การไพรม์เมล็ดพันธุ์ทำโดยแช่เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งในสารละลาย KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 (ดัดแปลงจาก [13]) ที่ถูกเตรียมร่วมกับน้ำกลั่น โดยมีกรรมวิธีการทดลองดังตารางที่ 1 จากนั้นนำไปไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ^{o}C เมื่อครบกำหนดเวลานำเมล็ดพันธุ์ออกมาล้างด้วยน้ำกลั่นโดยล้างผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นซับน้ำที่ผิวเมล็ดและนำไปลดความชื้นเมล็ดพันธุ์หลังการไพรม์ในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดที่ผ่านการไพรม์มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

ตารางที่ 1 สูตรการไพรม์เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งร่วมกับ KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน

สารออกฤทธิ์	สูตรการไพรม์เมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง										
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
KNO_3 (% โดยน้ำหนัก)	-	-	1 %	2 %	3 %	-	-	-	-	-	-
KH_2PO_4 (% โดยน้ำหนัก)	-	-	-	-	-	1 %	2 %	3 %	-	-	-
GA_3 (% โดยน้ำหนัก)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02 %	0.05 %	1 %
น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	-	100	99	98	97	99	98	97	99.98	99.95	99

2. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

2.1 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

2.1.1 การตรวจสอบความงอก ทำโดยสุ่มเมล็ดพันธุ์ทุกวิธีการจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกโดยวิธี Between Paper (BP) จากนั้นนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกอุณหภูมิสลับ (8 ชั่วโมง 30 ^{o}C และ 16 ชั่วโมง 25 ^{o}C) แล้วตรวจนับความงอกหลังการเพาะครั้งแรกที่ 4 วัน (First Count) และ 10 วันหลังเพาะ (Final Count) โดยนำมาประเมินผลการตรวจสอบความงอกตามวิธีการของ [14] ดังสมการที่ (1)

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ (\%)} = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100 \qquad (1)$$

2.1.2 การตรวจสอบความเร็วในการงอก ทำโดยสุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการไพรม์และไม่ไพรม์จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด นับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ ประเมินนับทุกวันตั้งแต่เริ่มนับครั้งแรก (First Count) จนถึงวันสุดท้าย (Final Count) แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามวิธีการของ [15] ดังสมการที่ (2)

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \qquad (2)$$

2.1.3 การตรวจสอบการงอกของรากและความเร็วในการงอกราก สุ่มประเมินการงอกรากจากการเพาะทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ในวันที่ 1 และ 3 วันหลังเพาะ ในแต่ละกรรมวิธีทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด โดยจะเริ่มตรวจนับเมื่อเมล็ดมีการงอกของรากที่ความยาว 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกราก ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกรากให้ตรวจนับทุกวันในวันที่ 1 ถึง 3 วันหลังเพาะ ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกราก ดังสมการที่ (3)

$$\text{ความเร็วในการงอกราก (ราก/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนรากที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \qquad (3)$$

2.1.4 การตรวจสอบความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้า ประเมินความยาวต้นและความยาวรากที่ 10 วันหลังเพาะ ทั้งหมดทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น โดยการประเมินความยาวต้นวัดจากโคนต้นจนถึงปลายใบ ส่วนความยาวราก วัดจากโคนรากจนถึงปลายราก ส่วนการประเมินความยาวต้นกล้าทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ประเมินตรวจวัดตั้งแต่ปลายรากจนถึงปลายใบ โดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

2.1.5 การตรวจสอบดัชนีความแข็งแรง ทำโดยนำเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้จากการประเมินหัวข้อ 2.1.1 และความยาวของต้นกล้าที่ได้จากหัวข้อ 2.1.4 แล้วนำมาประเมินหาดัชนีความแข็งแรงทั้งหมดทำ 4 ซ้ำ ตามวิธีการของ [16] ดังสมการที่ (4)

$$\text{ดัชนีความแข็งแรง} = \text{ความงอก (\%)} \times \text{ความยาวของต้นกล้า (ซม.)} \tag{4}$$

2.1.6 การตรวจสอบดัชนีความงอก ทำโดยนำเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้จากการประเมินหัวข้อ 2.1.1 มาคำนวณหาดัชนีความงอกดังสมการที่ (5)

$$\text{ดัชนีความงอก} = \frac{\text{ผลบวกของ (จำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \tag{5}$$

2.1.7 การตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก ทำ 4 ซ้ำ ตามวิธีการของ [17] ดังสมการที่ (6)

$$\text{เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)} = \frac{(G_1 \times D_1 + G_2 \times D_2 + \ldots + G_n \times D_n)}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}} \tag{6}$$

เมื่อ

$G_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, …, n (n = 10)

$D_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, …, n (n = 10) หลังจากวันเพาะเมล็ด

2.2 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพเรือนทดลอง

2.2.1 การตรวจสอบความงอก สุ่มเมล็ดพันธุ์ทุกวิธีการจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกในถาดหลุม ซึ่งใช้พีทมอส (Peatmoss) เป็นวัสดุเพาะต้นกล้า แล้วประเมินผลการงอกที่ 4 และ 10 วันหลังเพาะ โดยมีวิธีการประเมินตามหลักสากลเช่นเดียวกันกับวิธีการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

2.2.2 การตรวจสอบความเร็วในการงอก ทำโดยสุ่มเมล็ดพันธุ์ทุกวิธีการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด นับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ ประเมินนับทุกวันตั้งแต่เริ่มนับครั้งแรก (First Count) จนถึงวันสุดท้าย (Final Count) แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอกเช่นเดียวกับการประเมินในสภาพห้องปฏิบัติการ

2.2.3 การตรวจสอบการโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดิน สุ่มประเมินการงอกของ Cotyledon ของต้นกล้าผักบุ้งที่โผล่พ้นดินขึ้นมาจากหลุมเพาะต้นกล้าในวันที่ 1 และวันที่ 3 หลังเพาะในแต่ละกรรมวิธี ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดินของต้นกล้า

ผักบุ้ง ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดิน ดำเนินการสุ่มตรวจนับการงอกของ Cotyledon ของต้นกล้าผักบุ้งที่โผล่พ้นดินขึ้นมาทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 3 หลังการเพาะ จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการโผล่พ้นดินของต้นกล้าผักบุ้ง

2.2.4 การตรวจสอบความยาวต้น ทำโดยประเมินความยาวต้นที่ 10 วันหลังเพาะ ทั้งหมดทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น โดยการประเมินความยาวต้นวัดจากโคนต้นชิดวัสดุปลูกจนถึงปลายใบ โดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้งตามลักษณะต่าง ๆ จัดสิ่งทดลองแบบ 3 x 3 Factorial in Completely Randomized Design มี 2 ปัจจัยดังนี้ ปัจจัย A = ชนิดสาร และปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสาร แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine Transformation และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งหลังผ่านการไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

หลังจากการไพรม์เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งด้วยธาตุอาหารพืชที่ชนิดและอัตราแตกต่างกัน จากนั้นนำไปตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า การไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ไม่มีผลต่อการงอกราก แต่เมื่อพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกัน เมล็ดผักบุ้งที่ผ่านการไพรม์อัตราที่ 2 % มีเปอร์เซ็นต์การงอกรากดีมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการไพรม์อัตราที่ 0.05 % แต่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไพรม์ในอัตราที่ 0.02, 1, 2 และ 3 % และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างธาตุอาหารพืชและอัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน แสดงว่าการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ KH_2PO_4 2% เมล็ดมีการงอกรากดีมากกว่าการไพรม์เมล็ดด้วย KH_2PO_4 อัตรา 1 % และ GA_3 อัตรา 0.05 % แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกรากพบว่า ธาตุอาหารพืชไม่มีผลต่อความเร็วในการงอกราก แต่เมื่อพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกัน เมล็ดผักบุ้งที่ผ่านการไพรม์อัตราที่ 0.02 % มีความเร็วในการงอกรากสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างธาตุอาหารพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน แสดงว่าการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกันพบว่า การไพรม์เมล็ดด้วย KH_2PO_4 อัตรา 2 % มีความเร็วในการงอกรากดีมากกว่าวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย GA_3 อัตรา 1 % จากนั้นพิจารณาตรวจสอบความงอก และความเร็วในการงอกพบว่า ชนิดของธาตุอาหารพืชไม่มีผลต่อการงอก แม้ว่าจะมีการไพรม์เมล็ดด้วยธาตุอาหารพืชในอัตราที่ต่างกัน เปอร์เซ็นต์การงอกที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน แสดงว่าการไพรม์เมล็ดพันธุ์ไม่มีผลต่อการงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง (ตารางที่ 2)

ส่วนการตรวจสอบดัชนีความแข็งแรงพบว่า การไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3 และ GA_3 ทำให้เมล็ดมีดัชนีความแข็งแรงสูงมากกว่า และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ แต่การไพรม์เมล็ดด้วยธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกัน เปอร์เซ็นต์การงอกที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน แสดงว่าการไพรม์เมล็ดพันธุ์ไม่มีผลต่อดัชนีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ จากนั้นตรวจสอบดัชนีความงอกพบว่า ชนิดของธาตุอาหารพืชไม่มีผลต่อดัชนีความงอก แต่การไพรม์เมล็ดด้วยธาตุอาหารพืชในอัตราที่ต่างกันพบว่า การไพรม์เมล็ดที่อัตรา 2 % มีดัชนีความงอกดีมากกว่าการไพรม์เมล็ดที่อัตรา 0.05 % และอัตรา 3 % แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย KH_2PO_4 อัตรา 2 % มีดัชนีความงอกดีมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันกับการไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 อัตรา 1 % และจากการพิจารณาเวลาเฉลี่ยในการงอกพบว่า ชนิดของธาตุอาหารพืชไม่มีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก แต่การไพรม์เมล็ดด้วยธาตุอาหารพืชในอัตราที่ต่างกันพบว่า การไพรม์เมล็ดที่อัตรา 0.05 % มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วมากกว่าการไพรม์เมล็ดที่อัตรา 2 % แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย GA_3 อัตรา 0.05 % มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วมากกว่า เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ KH_2PO_4 อัตรา 2 % แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับวิธีการอื่น ๆ (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า KH_2PO_4 2 % และ GA_3 1 % มีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการงอกของรากได้ดี โดยเฉพาะการไพรม์เมล็ดด้วย KH_2PO_4 2 % สามารถสนับสนุนให้เมล็ดผักบุ้งมีความเร็วในการงอกรากสูงมากกว่าวิธีการอื่น ๆ

ทั้งนี้สารละลาย KH_2PO_4 สำหรับใช้ไพรม์เมล็ดมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเร่งปฏิกิริยาเมแทบอลีซึมของคาร์โบไฮเดรตและการแตกตัวเคลื่อนย้ายของแป้งภายในเมล็ด [11] จึงมีผลส่งเสริมทำให้เมล็ดงอกได้เร็วมากกว่าวิธีการอื่น ๆ นอกจากนี้การไพรม์เมล็ดด้วย KH_2PO_4 2 % ยังทำให้เมล็ดมีการงอกรากและความเร็วในการงอกรากดีมากกว่าวิธีการอื่น ๆ อีกทั้ง KH_2PO_4 จะช่วยทำให้เมล็ดดูดซึมก๊าซออกซิเจนได้ดีเพิ่มขึ้น เนื่องจากออกซิเจนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด โดยมีผลช่วยในกระบวนการหายใจและการย่อยสลายอาหารภายในเมล็ด [18] นอกจากนี้ K^+ ยังทำหน้าที่หลักในการรักษาค่า Osmotic Potential และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์มากกว่า 40 ชนิด ที่ช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ [19] - [20] โดยเมื่อพิจารณาจากดัชนีความงอกยังคงแสดงให้เห็นว่า การไพรม์เมล็ดด้วย KH_2PO_4 ช่วยให้เมล็ดมีความแข็งแรงสูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งการไพรม์เมล็ดด้วย KH_2PO_4 จะแตกตัวให้ฟอสเฟตไอออนที่เป็นแหล่งของธาตุฟอสฟอรัส สำหรับให้เมล็ดดูดไปใช้ในกระบวนการงอก ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหายใจ และกระบวนการสลายสารอาหารในเมล็ด [21] จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีผลส่งเสริมเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งให้มีการงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก ความเร็วในการงอก และดัชนีความงอกดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ อีกทั้งการไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 1 % ยังแสดงให้เห็นว่าช่วยส่งเสริมความแข็งแรงของเมล็ด และช่วยให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกได้ดีเพิ่มขึ้น โดย GA_3 มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มคุณภาพความงอกของเมล็ดพันธุ์ และการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีบทบาทในการขยายตัวของเซลล์

เอมบริโอ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดเพื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ด [22] - [24] ยกตัวอย่างการทดลองของ [25] พบว่าหลังจากการแช่เมล็ด *Rheum khorasanicum* ร่วมกับ GA_3 อัตรา 500 ppm ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด (81 %) และพบว่าการใช้ GA_3 สามารถส่งเสริมความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลีได้ดีขึ้นจากเดิม [26]

ตารางที่ 2 การงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งหลังจากการไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธีทดลอง	สภาพห้องปฏิบัติการ				
	ความเข้มข้น	การงอกราก (%)	ความเร็วในการงอกราก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
เมล็ดไม่ไพรม์		71	45.91	71	17.43
น้ำกลั่น		75	48.58	74	16.36
KNO_3		69	46.97	69	16.46
KH_2PO_4		69	49.61	70	17.13
GA_3		68	47.61	65	16.28
F-test		ns	ns	ns	ns
	0.02%	68 ab [1]	28.54 a	87	8.59
	0.05%	63 b	23.00 b	86	8.29
	1%	70 ab	22.72 b	89	8.32
	2%	71 a	24.72 b	90	8.48
	3%	68 ab	22.79 b	91	7.99
F-test		**	**	ns	ns
เมล็ดไม่ไพรม์	-	71 a-c	45.91 bc	93	17.43
น้ำกลั่น	-	74 ab	48.66 bc	86	16.36
KNO_3	1%	73 a-c	49.58 bc	89	16.71
KNO_3	2%	68 a-c	45.66 bc	90	17.17
KNO_3	3%	67 a-c	45.66 bc	87	15.49
KH_2PO_4	1%	64 bc	45.50 bc	90	16.49
KH_2PO_4	2%	75 a	57.08 a	90	17.18
KH_2PO_4	3%	68 a-c	43.16 c	96	17.74
GA_3	0.02%	68 a-c	46.00 bc	87	16.59
GA_3	0.05%	63 c	43.58 c	86	15.49
GA_3	1%	74 a-c	53.25 ab	88	16.75
F-test		*	**	ns	ns
CV.(%)		8.18	10.11	5.01	5.83

ns, * , ** : ไม่มีความแตกต่างกัน, มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ $P \leqslant 0.05$ และ $P \leqslant 0.01$ ตามลำดับ

[1] อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ $P \leqslant 0.05$

ตารางที่ 3 ดัชนีความแข็งแรง ดัชนีความงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง หลังจากการไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

สารออกฤทธิ์	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	ความเข้มข้น	ดัชนีความแข็งแรง	ดัชนีความงอก	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
เมล็ดไม่ไพรม์		1843.07 c [1]	31.67	0.77
น้ำกลั่น		1986.01 bc	32.51	0.77
KNO_3		2214.18 a	31.71	0.74
KH_2PO_4		2150.57 ab	32.86	0.79
GA_3		2253.36 a	31.94	0.74
F-test		***	ns	ns
	0.02%	2134.09	31.29 ab	0.76 ab
	0.05%	2235.91	29.53 b	0.65 b
	1%	2182.41	33.04 ab	0.76 ab
	2%	2217.01	34.27 a	0.83 a
	3%	2251.55	30.51 b	0.72 ab
F-test		ns	*	*
เมล็ดไม่ไพรม์	-	7.06	31.67 bc	0.77 bc
น้ำกลั่น	-	6.79	32.51 bc	0.77 bc
KNO_3	1%	7.34	33.15 bc	0.76 bc
KNO_3	2%	6.49	31.42 bc	0.74 bc
KNO_3	3%	6.46	30.57 c	0.72 bc
KH_2PO_4	1%	7.12	30.99 bc	0.72 bc
KH_2PO_4	2%	6.94	37.13 a	0.92 a
KH_2PO_4	3%	7.09	30.45 c	0.73 bc
GA_3	0.02%	6.47	31.29 bc	0.76 bc
GA_3	0.05%	6.65	29.53 c	0.65 c
GA_3	1%	7.29	35.00 ab	0.82 ab
F-test		ns	*	*
CV.(%)		7.92	8.08	11.67

ns, * , *** : ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ, มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ $P \leqslant 0.05$ และ $P \geqslant 0.01$ ตามลำดับ

คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งหลังผ่านการไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

เมื่อพิจารณาการโผล่พ้นดินของต้นกล้าหลังผ่านการทดสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ และการไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3 มีผลต่อการโผล่พ้นดิน จากนั้นพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกัน การไพรม์เมล็ดที่อัตรา 1 % ทำให้เมล็ดสามารถโผล่พ้นดินได้ดีมากที่สุด และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน

โดยเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย KNO_3 อัตรา 1 % ทำให้เมล็ดสามารถโผล่พ้นดินได้ดีมากกว่า และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดไม่ไพรม์ การไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3 อัตรา 2 %, KH_2PO_4 อัตรา 1 % และ GA_3 อัตรา 1 % ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดิน พบว่า การไพรม์เมล็ดทุกกรรมวิธีมีความเร็วในการโผล่พ้นดินดีมากที่สุด ยกเว้นเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ GA_3 จากนั้นพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกัน การไพรม์เมล็ดที่อัตรา 2 % ทำให้เมล็ดมีความเร็วในการโผล่พ้นดินได้ดีมากกว่าและแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ที่อัตรา 2 % และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย KNO_3 อัตรา 1 % และ KH_2PO_4 อัตรา 2 % ทำให้เมล็ดโผล่พ้นดินได้เร็วมากกว่า และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดไม่ไพรม์ การไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3 อัตรา 2 % และ KNO_3 อัตรา 3 %

ส่วนการตรวจสอบความงอกพบว่า ชนิดของธาตุอาหารพืชไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง อีกทั้งการไพรม์เมล็ดในอัตราที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อความงอกของเมล็ด และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกัน พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน แสดงให้เห็นว่าชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง ส่วนการพิจารณาความเร็วในการงอกพบว่า เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ KNO_3 มีความเร็วในการงอกที่ดีมากกว่า และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับการไพรม์เมล็ดด้วย KH_2PO_4 แต่เมื่อพิจารณาการไพรม์เมล็ดในอัตราที่แตกต่างกันพบว่า ไม่มีผลต่อความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย KNO_3 อัตรา 1 % มีความเร็วในการงอกที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ GA_3 อัตรา 1 %, GA_3 อัตรา 2 % และ GA_3 อัตรา 3 % อย่างไรก็ตามพบความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ (ตารางที่ 4)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3 อัตรา 1 % ทำให้เมล็ดสามารถงอกโผล่พ้นดินได้ดีมากกว่าวิธีการอื่น ๆ อีกทั้งยังแสดงให้เห็นในส่วนของความเร็วในการโผล่พ้นดินด้วย โดย KNO_3 มี K เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อเมล็ดดูดซึม K ในรูปของ K^+ จะมีบทบาทช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ได้เพิ่มขึ้น อีกทั้งช่วยส่งเสริมให้ไนเตรทเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจในวิถีเพนโตสฟอสเฟต (Pentose Phosphate Pathway) หรือวิถีทางเลือกของไกลโคไลซิส (Glycolysis) จะทำหน้าที่แทนออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NADPH ในกระบวนการหายใจ ซึ่งสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ จึงทำให้เมล็ดสามารถงอกได้ดีและงอกได้เร็วมากขึ้น [27] ดังนั้นเมล็ดผักบุ้งที่ผ่านการไพรม์ด้วย KNO_3 จึงทำให้เมล็ดสามารถโผล่พ้นดินได้ดีและเร็วมากขึ้นจากเดิม แต่ในทางตรงกันข้าม การไพรม์เมล็ดด้วย KH_2PO_4 2 % และ 3 % แสดงให้เห็นว่า มีผลกระทบต่อการโผล่พ้นดินของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง โดย KH_2PO_4 มีองค์ประกอบของ K และ P ที่เป็นเกลือฟอสเฟต เมื่อใช้ในอัตราที่สูงเกินความต้องการจะมีผลกระทบต่อเซลล์ภายในเมล็ด โดยก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเมล็ด ยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน จึงมีผลกระทบต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ [28]

ตารางที่ 4 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง หลังจากการไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

สารออกฤทธิ์	สภาพห้องปฏิบัติการ				
	ความเข้มข้น	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
เมล็ดไม่ไพรม์		52 a [1]	12.58 a	82	9.53 dc
น้ำกลั่น		49 ab	11.08 a	84	9.68 b
KNO_3		54 a	12.43 a	84	10.34 a
KH_2PO_4		43 b	11.72 a	86	9.90 ab
GA_3		48 ab	9.22 b	82	9.06 c
F-test		**	***	ns	***
	0.02%	43.50 b	8.79 c	80	8.86
	0.05%	45.50 b	10.04 bc	83	9.22
	1%	56.16 a	10.98 b	86	9.95
	2%	46.50 b	12.81 a	85	10.01
	3%	43.00 b	11.35 ab	85	9.95
F-test		***	**	ns	ns
เมล็ดไม่ไพรม์	-	52 a-d	12.58 ab	82	9.53 bc
น้ำกลั่น	-	49 b-d	11.08 b-d	84	9.68 a-c
KNO_3	1%	60 a	13.75 a	87	10.48 a
KNO_3	2%	55 a-c	11.87 a-c	85	10.35 ab
KNO_3	3%	46 c-e	11.66 a-c	87	10.18 ab
KH_2PO_4	1%	52 a-d	10.37 b-d	90	10.30 ab
KH_2PO_4	2%	37 e	13.75 a	85	9.66 a-c
KH_2PO_4	3%	39 e	11.04 b-d	84	9.73 a-c
GA_3	0.02%	43 de	8.79 d	80	8.86 c
GA_3	0.05%	45 de	10.04 cd	83	9.22 c
GA_3	1%	56 ab	8.83 d	83	9.09 c
F-test		*	**	ns	*
CV.(%)		12.14	12.85	6.83	5.47

ns, * , *** : ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ, มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ $P \leqslant 0.05$ และ $P \geqslant 0.01$ ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้งหลังผ่านการไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

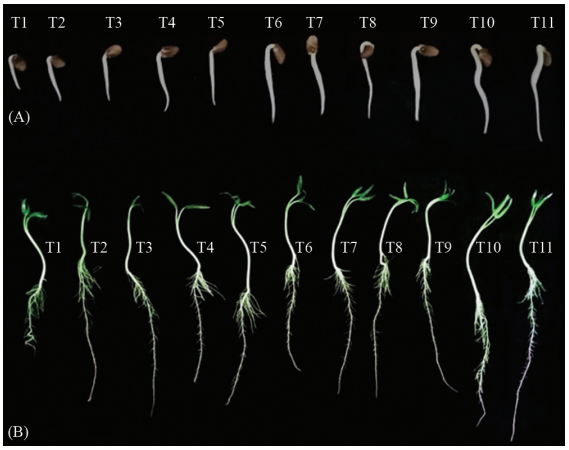
เมื่อพิจารณาตรวจสอบความยาวต้นหลังตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า การไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 มีผลต่อความยาวต้นมากกว่าวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันกับการไพรม์เมล็ดร่วมกับ KNO_3 จากนั้นพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกัน การไพรม์เมล็ดที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 1 % มีความยาวต้นกล้าที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ที่อัตรา 2 % แต่ไม่พบ

ความแตกต่างกับเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ที่อัตรา 3 % และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย GA_3 อัตรา 1 % ทำให้เมล็ดมีความยาวต้นสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3 อัตรา 1 % ส่วนความยาวรากพบว่าการไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 มีผลต่อความยาวรากมากกว่าวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันเมล็ดไพรม์ร่วมกับ KNO_3 จากนั้นพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกันพบว่าไม่มีผลต่อความยาวราก และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย KNO_3 อัตรา 3 % มีความยาวรากดีมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย KNO_3 อัตรา 1 % และ KH_2PO_4 อัตรา 1 % และเมื่อพิจารณาความยาวต้นกล้าทั้งต้นแสดงให้เห็นว่าการไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 มีผลต่อความยาวต้นกล้าทั้งต้นมากกว่าวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ KNO_3 จากนั้นพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกันพบว่า ไม่มีผลต่อความยาวต้นกล้าทั้งต้น และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยเมล็ดที่ไพรม์ด้วย GA_3 อัตรา 1 % ทำให้ต้นกล้ามีความยาวต้นกล้าสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ ซึ่งสอดคล้องกับ รูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ต้นกล้าที่ผ่านการไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 อัตรา 1 % มีส่วนช่วยส่งเสริมให้ต้นกล้ามีพัฒนาการของความยาวต้นกล้าดีมากกว่าวิธีการอื่น ๆ ในส่วนการตรวจสอบความยาวต้นในสภาพเรือนทดลองพบว่า ชนิดของธาตุอาหารพืชไม่มีผลต่อความยาวต้นในสภาพเรือนทดลอง จากนั้นพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกันพบว่า อัตราธาตุอาหารพืชที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความยาวต้น และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันพบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน จึงแสดงให้เห็นว่าการไพรม์เมล็ดร่วมกับชนิดของธาตุอาหารพืชต่ออัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความยาวต้น เมื่อทดสอบในสภาพเรือนทดลอง (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และความยาวต้นเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง หลังจากการไพรม์เมล็ด ด้วย KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน

สารออกฤทธิ์	สภาพห้องปฏิบัติการ				สภาพเรือนทดลอง
	ความเข้มข้น	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)	ความยาวต้น (เซนติเมตร)
เมล็ดไม่ไพรม์		9.70 d [1]	9.70 d	19.84 d	7.06
น้ำกลั่น		10.20 d	10.20 cd	22.98 c	6.79
KNO_3		11.00 ab	11.00 ab	24.85 ab	6.76
KH_2PO_4		10.77 bc	10.77 bc	23.43 bc	7.05
GA_3		11.66 a	11.66 a	25.76 a	6.80
F-test		***	**	***	ns
	0.02%	11.26 a	13.12	24.38	6.47
	0.05%	11.26 a	14.52	25.78	6.65
	1%	11.68 a	12.84	24.52	7.25
	2%	10.45 b	14.12	24.57	6.72
	3%	10.91 ab	13.70	24.62	6.77
F-test		**	ns	ns	ns
เมล็ดไม่ไพรม์	-	9.70 d	10.14 d	19.84 e	7.06
น้ำกลั่น	-	10.20 cd	12.78 a-c	22.98 d	6.79
KNO_3	1%	11.73 ab	12.03 b-d	23.76 b-d	7.34
KNO_3	2%	1030 cd	14.52 ab	24.82 a-d	6.46
KNO_3	3%	10.96 bc	15.01 a	25.98 ab	6.49
KH_2PO_4	1%	10.85 bc	11.84 cd	22.69 d	7.12
KH_2PO_4	2%	10.59 cd	13.73 a-c	24.32 b-d	6.94
KH_2PO_4	3%	10.87 bc	12.39 a-d	23.27 cd	7.09
GA_3	0.02%	11.26 bc	14.51 ab	25.38 b-d	6.47
GA_3	0.05%	11.26 bc	13.12 a-c	25.78 a-c	6.65
GA_3	1%	12.47 a	14.65 ab	27.12 a	7.29
F-test		**	**	**	ns
CV.(%)		5.84	12.21	6.47	9.26

ns, * , *** : ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ, มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ $P \leqslant 0.05$ และ $P \geqslant 0.01$ ตามลำดับ



รูปที่ 1 ผลของการไพรม์เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งร่วมกับ KNO_3, KH_2PO_4 และ GA_3 ในอัตราที่แตกต่างกัน โดย (A) แสดงการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้งที่อายุ 4 วันหลังเพาะ และ (B) ที่อายุต้นกล้า 10 วันหลังเพาะ โดยมีกรรมวิธีการทดลองคือ T1 = เมล็ดไม่ไพรม์, T2 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับน้ำกลั่น, T3 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับ KNO_3 1 %, T4 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับ KNO_3 2 %, T5 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับ KNO_3 3 %, T6 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับ KH_2PO_4 1 %, T7 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับ KH_2PO_4 2 %, T8 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับ KH_2PO_4 3 %, T9 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับ GA_3 0.02 %, T10 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับ GA_3 0.05 %, T11 = การไพรม์เมล็ดร่วมกับ GA_3 1 %

เมื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงด้านการเจริญเติบโตของต้นกล้า ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 1 % ทำให้เมล็ดมีการเจริญเติบโตของลำต้นและความยาวต้นกล้าเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยบทบาทหน้าที่ของ GA_3 พบว่า สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดเพื่อควบคุมการแบ่งเซลล์ และกระตุ้นการเจริญเติบโตของลำต้น และขนาดของใบในระยะกล้า [29] - [31] นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการเจริญเติบโตทางด้านการขยายขนาดและการยืดตัวของเซลล์ทั้งลำต้นและรากให้สมบูรณ์และแข็งแรงได้ โดย GA_3 จะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ α-amylase ในกระบวนการย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาลสำหรับเอ็มบริโอใช้ในการเจริญเติบโตของการแทงราก และยอดในการงอกของเมล็ดพันธุ์ได้เร็ว [32] - [33] ดังนั้นเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วย GA_3 จึงสามารถงอกได้เร็วและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ได้ไวมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ อย่างไรก็ตาม การไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3 3 % มีผลช่วยกระตุ้นการยืดขยายของรากต้นได้ดีมากกว่าวิธีการอื่น ๆ โดย KNO_3 จะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในโปรโตพลาสซึมและผนังของเซลล์พืชโดยจะอยู่ในรูป NO_3^- ซึ่งพืชจะต้องรีดิวซ์ NO_3^- ให้เป็น NH_4^+ แล้วนำ NH_4^+ ไปใช้สร้างกรดอะมิโน ซึ่ง N เป็นองค์ประกอบของสารชีวโมเลกุลมากมายในเซลล์พืช [19] - [20] เมื่อเมล็ดดูดไนเตรทเข้าไปจะช่วยให้เมล็ดสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้ต้นกล้าผักบุ้งมีการเจริญเติบโตของรากได้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ นอกจากนี้ยังพบการรายงานของ Siri, B., Klarod, K., and Harnsuri, J. [13] พบว่า เมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วย GA_3 ความเข้มข้น 1, 1.5 และ 2 %

โดยน้ำหนัก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเคลือบเมล็ดด้วย GA_3 ความเข้มข้น 2 % ทำให้ความงอกเพิ่มขึ้นจากเดิม 19, 38 และ 64 % ตามลำดับ

สรุปผล

การไพรม์เมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง KH_2PO_4 2 % เป็นชนิดและอัตราที่เหมาะสมต่อการไพรม์เมล็ด โดยทำให้เมล็ดมีการงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก ความเร็วในการงอก ดัชนีความงอกสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนการไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 1 % ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ อีกทั้งการไพรม์เมล็ดด้วย GA_3 1 % ยังทำให้เมล็ดมีการเจริญเติบโตของความยาวลำต้น และความยาวต้นกล้าดีมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

References

[1] Sarepoua, E., Khaengkhan, P., and Aekaraj, C. (2018). Effects of Varieties and Seedling Medias on Growth and Yields in Water Convolvulus Sprouts Production. **Khon Kaen Agriculture Journal**. Vol. 46, pp. 543-548

[2] Phokawattana, C. and Chavapradit, P. (1996). **Water Morning Glory**. Bangkok: Department of Agricultural Extension

[3] The Office of Agricultural Regulation. (2019). **Quantity and Value of Export of Controlled Seeds**. Access (10 December 2020). Available (https://bit.ly/39VenkH)

[4] Charoensuk, S. (1996). **Handbook of Vegetable Garden**. Bangkok: Petchkarat Printing

[5] Maneerat, C., Rithichai, P., and Jirakiattikul, Y. (2013). Effects of Salicylic Acid and Folic Acid Priming on Germination, Vigor and Seedling Growth of Kangkong. **Thai Journal of Science and Technology**. Vol. 21, Supplement 6, pp. 511-519

[6] Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennett, M. A., Bradford, K. J., Burris, J. S., and Misra, M. K. (1998). Seed Enhancements. **Seed Science Research**. Vol. 8, Issue 2, pp. 245-256

[7] McDonald, M. B. (2000). **Seed Priming**. pp. 287-325, In Black, M. and Bewley, J. D. (Eds.), Seed Technology and Its Biological Basis, Sheffield Academic Press, England

[8] Siri, B. (2015). **Seed Conditioning and Seed Enhancements**. Khon Kaen: Klungnanawitthaya Printing

[9] Osuna, D., Prieto, P., and Aguilar, M. (2015). Control of Seed Germination and Plant Development by Carbon and Nitrogen Availability. **Frontiers in Plant Science**. Vol. 6, p. 1023. DOI: 10.3389/fpls.2015.01023

[10] Yang, W. (2018). Effect of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizer on Growth and Seed Germination of *Capsella Bursa-Pastoris* (L.) Medikus. **Journal of Plant Nutrition**. Vol. 41, Issue 5, pp. 636-644. DOI: 10.1080/01904167.2017.1415350

[11] Sivanesan, I., Son, M. S., Lim, C. S., and Jeong, B. R. (2011). Effect of Soaking of Seeds in Potassium Silicate and Uniconazole on Germination and Seedling Growth of Tomato Cultivars, Seogeon and Seokwang. **African Journal of Biotechnology**. Vol. 10, No. 35, pp. 6743-6749

[12] Qing, Y. W. (2006). **Effects of GA_3, 6-BA and 2, 4-D Applied in Cucumber Seed Film Coating (Abstract)**. Access (May 1, 2017). Available (https://goo.gl/UdnoN6)

[13] Siri, B., Klarod, K., and Harnsuri, J. (2016). Effects of Seed Coating with Plant Hormones on Hybrid Tomato Seeds. **Khon Kaen Agriculture Journal**. Vol. 44, Supplement 1, pp. 345-349

[14] ISTA (International Seed Testing Association). (2019). **International Rules for Seed Testing, Edition 2019**. Bassersdorf: International Seed Testing Association

[15] Czabator, F. J. (1962). Germination Value: An Index Combining Speed and Completeness of Pine Seed Germination. **Forest Science**. Vol. 8, pp. 386-395. DOI: 10.1093/FORESTSCIENCE/8.4.386

[16] Abdul-Baki, A. A. and Anderson, J. D. (1973). Vigor Determination in Soybean Seed by Multiple Criteria. **Crop Science**. Vol. 13, Issue 6, pp. 630-633. DOI: 10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x

[17] Ellis, R. A. and Roberts, E. H. (1981). The Quantification of Ageing and Survival in Orthodox Seeds. **Seed Science and Technology**. Vol. 9, Issue 2, pp. 373-409

[18] Hilton, T. R. and Thomas, J. A. (1986). Regulation of Pregerminative Rates of Respiration in Seeds of Various Seed Species by Potassium Nitrate. **Journal of Experimental Botany**. Vol. 37, No. 183, pp. 1516-1524

[19] Theerakulpisut, P. (1997). **Plant Physiology**. Khon Kaen: Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University

[20] Bunnag, S. (1999). **Plant Physiology**. Khon Kaen: Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University

[21] Marschner, H. (1995). **Miniral Nutrition of Higher Plant**. 2nd Edition. Stuttgart: Institute of Plant Nutrition, University of Ohenheim, Germany

[22] Iglesias, R. G. and Babiano, M. J. (1997). Endogenous Abscisic Acid During the Germination of Chick-Pea Seed. **Physiologia Plantarum**. Vol. 100, Issue 3, pp. 500-504. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1997.tb03054.x

[23] Liu, P. P., Koizuka, N., Homrichhausen, T. M., Hewitt, J. R., Martin, R. C., and Nonogaki, H. (2005). Large-Scale Screening of Arabidopsis Enhancer-Trap Lines for Seed Germination-Associated Genes. **The Plant Journal**. Vol. 41, Issue 6, pp. 936-944. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2005.02347.x

[24] Hentrich, M., Boettcher, C., and Duchting, P. (2013). The Jasmonic Acid Signaling Pathway is Linked to Auxin Homeostasis Through the Modulation of YUCCA8 and YUCCA9 Gene Expression. **The Plant Journal**. Vol. 74, Issue 4, pp. 626-637. DOI: 10.1111/tpj.12152

[25] Reza, D., Hassandokht, M. R., and Nazeri, V. (2015). Effects of Moist Stratification, GA_3 and Seed Age on Seed Germination of *Rheum Khorasanicum* B. Baradaran & A. Jafari. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**. Vol. 2, Issue 4, pp. 168-173. DOI: 10.1016/j.jarmap.2015.07.001

[26] Turkyilmaz, B. (2012). Effects of Salicylic and Gibberellic Acids on Wheat (*Triticum aestivum* I.) Under Salinity Stress. **Bangladesh Journal of Botany**. Vol. 41, No. 1, pp. 29-34. DOI: 10.3329/bjb.v41i1.11079

[27] Chanprasert, W. (2010). **Seed Physiology**. Bangkok: Faculty of Agriculture Kasetsart University

[28] Taiz, L. and Zeiger, E. (2010). **Plant Physiology**. 5th Edition. Massachusetts: Sinauer Associates

[29] Davies, P. J. (2010). **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action**. New York: Springer Dordrecht Heidelberg

[30] Kumlay, A. M. and Eryigit, T. (2011). Growth and Development Regulators in Plants: Plant Hormones. **Igdır University Journal of the Institute of Science and Technology**. Vol. 1, No. 2, pp. 47-56

[31] Martinez, J. L., Petranovic, D., and Nielsen, J. (2016). Heme Metabolism in Stress Regulation and Protein Production: From Cinderella to a Key Player. **Bioengineered**. Vol. 7, No. 2, pp. 112-115. DOI: 10.1080/21655979.2015.1126016

[32] Appleford, N. E. J. and Lenton, J. R. (1997). Hormonal Regulation of α-amylase Gene Expression in Germinating Wheat (*Triticum aestivum*) Grains. Physiologia Plantarum. Vol. 100, Issue 3, pp. 534-542. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1997.tb03058.x

[33] Yamaguchi, S. (2008). Gibberellin Metabolism and Its Regulation. **Annual Review of Plant Biology**. Vol. 59, pp. 225-251. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092804