วารสารวิชาการกัญชา กัญชง และสมุนไพร ISSN 2985-0177 (Online)
(ฉบับปีที่ 2 เดือนมกราคม – ธันวาคม 2566)

บทความวิจัย

การยกระดับของความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลืองฝักสดกลิ่นหอมพันธุ์เชียงใหม่ 84-2 หลังการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *Bacillus subtilis*

Enhancing of Germination and Seedling Growth of Aroma Vegetable Soybean Cultivar Chiang Mai 84-2 after Seed Coating with *Bacillus subtilis*

นรารัตน์ ทาวงค์[1] จักรพงษ์ กางโสภา[1*]

[1]สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Nararat Thawong[1] Jakkrapong Kangsopa[1*]

[1]Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University.

*Corresponding author. E-mail address: jakkrapong_ks@mju.ac.th ; Telephone: 094-737-4598

วันที่รับบทความ 20/กุมภาพันธ์/2566; วันที่แก้ไขบทความ 20/มีนาคม/2566; วันที่ตอบรับบทความ 6/เมษายน

บทคัดย่อ

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเคลือบเมล็ดร่วมกับ *B. subtilis* ต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลืองฝักสดกลิ่นหอมพันธุ์ เชียงใหม่ 84-2 ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพทราย โดยมีผลการทดลองดังนี้ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า เมล็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียวและการเคลือบเมล็ดด้วย *B. subtilis* อัตรา 2 %v/v มีความงอกสูงที่สุด คือ 85 % ส่วนในสภาพทรายการเคลือบเมล็ดด้วย *B. subtilis* อัตรา 2 %v/v มีความงอกและความเร็วในการงอกสูงที่สุด อีกทั้งการเคลือบเมล็ดด้วย *B. subtilis* อัตรา 2 %v/v ยังคงมีความยาวต้น ความยาวรากมากกว่าและแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เคลือบ ส่วนในสภาพทรายพบว่าการเคลือบทุกกรรมวิธีมีความยาวต้นกล้ามากกว่าเมล็ดที่ไม่ถูกเคลือบ และการเคลือบเมล็ดทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้นแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ ดังนั้นการเคลือบเมล็ดด้วย *B. subtilis* อัตรา 2 %v/v เป็นอัตราแนะนำที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดกลิ่นหอมพันธุ์ เชียงใหม่ 84-2

คำสำคัญ; การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ *Bacillus subtilis* ถั่วเหลืองฝักสด

Abstract

This experiment aims to study the effect of coating seeds with *B. subtilis* on the germination and growth of the Chiang Mai 84-2 variety of aromatic vegetable soybean seeds. The experiment was conducted at the Seed Technology Unit, Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. Completely Randomized Design (CRD) was used as an experimental design in laboratory conditions and Sand conditions and the results are as follows, seeds coated with the coating substance without *B. subtilis* and seeds coated with the coating substance with 2 %v/v of *B. subtilis* showed the highest rate of germination at 85 % of the total number of seeds. Regarding seeds grown in sand as a nursery material, those coated with 2 %v/v of *B. subtilis* had the highest germination and speed of germinations.

It was also found that seeds coated with 2%v/v of *B. subtilis* had longer shoot lengths and root lengths and the differences were statistically significant compared to uncoated seeds when examined under laboratory conditions. For the seeds grown in the tray using sand as a nursery material, it was found that those in all treatment groups had longer shoot lengths than uncoated seeds. None of the seed coating methods affected shoot fresh weight and shoot dry weight when compared to uncoated seeds. Therefore, 2%v/v of *B. subtilis* is the recommended ratio to be used for coating the Chiang Mai 84-2 variety of aromatic vegetable soybean seeds.

Keywords; Seedqualityseedenhancement, Seed coating, Bacillus subtilis, Vegetablesoybean

1. บทนำ

ถั่วเหลืองฝักสด *(Glycine max* (L) Merrill.) หรือถั่วแระญี่ปุ่น เป็นพืชชนิดเดียวกับถั่วเหลืองทั่วไปแต่จะแตกต่างกันที่การเก็บเกี่ยวในระยะฝักที่จะเต่งและยังมีสีเขียวอยู่ (Fehr and Caviness, 1977) ถั่วเหลืองฝักสดจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทยซึ่งนิยมส่งออกในรูปแบบฝักสดแช่แข็ง โดยส่งออกในประเทศญี่ปุ่นเป็นหลัก ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงพันธุ์ที่เหมาะสมในการเพาะปลูกในประเทศ คือ ถั่วเหลืองฝักสดกลิ่นหอมพันธุ์ เชียงใหม่ 84-2 เป็นพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ได้มาตรฐานสำหรับการส่งออกพันธุ์แรกของประเทศไทย มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย เมื่อต้มในน้ำเดือด 5 นาที (พิมพ์นภา, 2555) ซึ่งสารหอมในถั่วเหลืองฝักสดเกิดจากยีนด้อยGmBADH2(Glycine max betaine aldehyde dehydrogenase 2) ที่มีบทบาทในการสังเคราะห์สารประกอบทางชีวภาพ คือสารระเหยที่มีกลิ่นหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งยีน GmBADH2 ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลำดับเบสและหยุดก่อนกำหนด (premature stop codon) ทำให้การสังเคราะห์เอนไซม์ทำได้ไม่สมบูรณ์และเกิดการสร้างโปรตีนที่ผิดปกติจนไม่สามารถทำงานได้ (Qian et al., 2022) จึงทำให้เกิดการสร้างสารหอมขึ้นมา จากข้อดีของการสร้างสารหอมในถั่วเหลืองฝักสดดังกล่าว จึงทำให้การเพาะปลูกถั่วเหลืองฝักสดเป็นพืชทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความนิยมเพาะปลูก อย่างไรก็ตามในการเพาะปลูกถั่วเหลืองฝักสดเกษตรกรต้องใช้เมล็ดพันธุ์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากถั่วเหลืองฝักสดมีความงอกเริ่มต้นไม่น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนเพิ่มขึ้นจากการใช้เมล็ดพันธุ์เป็นจำนวนมากสำหรับการเตรียมต้นกล้า

จากปัญหาดังกล่าวทำให้การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดก่อนทำการเพาะปลูกสามารถช่วยลดปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีมูลค่าสูงของเกษตรได้ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth promoting microorganisms) ซึ่งเป็นหนึ่งในทางปฏิบัติของการแก้ปัญหาด้านเมล็ดที่ให้ประสิทธิภาพสูงและเหมาะสำหรับพืชที่ต้องนำไปรับประทาน ลดการใช้สารเคมี ลดต้นทุนการผลิตและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Kesan, 2007) โดยการเคลือบเมล็ดเป็นวิธีการนำพาสารสะสมที่มีลักษณะบางเบาจำพวกพอลิเมอร์ (Thin polymer) มาฉาบยึดเกาะให้สม่ำเสมอรอบ ๆ ผิวของเมล็ดพันธุ์ (จักรพงษ์, 2563) โดยสารเคลือบเป็นตัวกลางนำพาสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ ให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ เช่น ธาตุอาหารพืช จุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ฮอร์โมนพืช สารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช และสารป้องกันกำจัดวัชพืช เป็นต้น (บุญมี, 2558) การใช้จุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเช่น *Bacillus subtilis* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่พบได้ในธรรมชาติสามารถสร้างเอนโดสปอร์ที่ทนต่อสภาพแวดล้อม สารเคมีและความร้อนได้ (Kloepper et al., 2004) อีกทั้ง *B. subtilis* มีคุณสมบัติสามารถผลิตฮอร์โมนพืชและส่งเสริมให้พืชหาอาหารและการดูดซึมจากดินผ่านกลไกต่าง ๆ เช่น การตรึงไนโตรเจนในบรรยากาศ

(Lakshminarayana et al., 1992) การกระตุ้นการละลายของฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ (Kundu and Gaur, 1980) การผลิตกรดอินทรีย์กรดอะมิโน (IAA) ซึ่งช่วยเพิ่มการเจริญของรากและลำต้น (Oteino et al., 2015) จึงมีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น *B. subtilis* จึงมีความเหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการเคลือบเมล็ดพันธ์ถั่วเหลืองฝักสดเพื่อเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ก่อนนำไปใช้เพาะปลูก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลืองฝักสด หลังการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *B. subtilis* ที่อัตราแตกต่างกัน ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์สำหรับเพาะปลูกถั่วเหลืองฝักสดให้มีผลผลิตและคุณภาพเพิ่มมากขึ้น

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมสูตรสารเคลือบเมล็ดพันธุ์

การทดลองนี้ใช้สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ทางการค้า (บริษัทเซเรส อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด) (อัตราการเตรียมสารเคลือบทางการค้าและน้ำกลั่นคือ 80:20) จากนั้นนำมาผสมร่วมกับ *Bacillus subtilis* MBI 600 (Integral®, BASF) (ความเข้มข้นของจำนวนเชื้อ 2.2×10^{10} สปอร์/มิลลิลิตร) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยการทดลองนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กรรมวิธี ดังนี้ เมล็ดไม่เคลือบ (T1), เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบทางการค้าเพียงอย่างเดียว (T2), เมล็ดเคลือบร่วมกับ *B. subtilis* ที่ความเข้มข้น 0.5%v/v (T3), 1%v/v (T4), 1.5%v/v (T5) และ 2%v/v (T6) จากนั้นนำสูตรสารเคลือบแต่ละกรรมวิธีมาเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด 145 กรัม แล้วนำเมล็ดที่ผ่านการเคลือบไปลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้ง (KKU40-2) จึงนำไปตรวจสอบลักษณะต่าง ๆ ในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพทราย

2.2 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เพาะทดสอบด้วยวิธี Between of paper (BP) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำไปไว้ที่ตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มแสง 180 µE ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมงและนำมาประเมินลักษณะของเมล็ดต่าง ๆ ดังนี้

การงอกรากแรก ประเมินจากจำนวนรากที่งอกใน

แต่ละกรรมวิธี โดยเริ่มนับเมื่อเมล็ดมีการงอกรากที่ความยาว 2 มิลลิเมตร ในวันที่ 1 และ วันที่ 4 หลังจากการเพาะทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกรากตามสูตรคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละการงอกรากแรก} = \frac{\text{จำนวนรากที่โผล่พ้นเมล็ด}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100 \quad (1)$$

ความเร็วในการงอกรากแรก ตรวจนับรากที่มีความ ยาว 2 มิลลิเมตร ในทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 4 หลังการเพาะ จากนั้นคำนวณหาความเร็วในการงอกรากแรก คำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$\text{ความเร็วในการงอกราก} = \frac{\text{ผลรวมของรากที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \quad (2)$$

ความงอก ประเมินจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้า ปกติในวันที่ 5 และวันที่ 8 จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกตามวิธีของ ISTA (2019) คำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$\text{ร้อยละการงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100 \quad (3)$$

ความเร็วในการงอกประเมินจำนวนเมล็ดที่สามารถงอกเป็นกล้าปกติในวันที่ 5 ถึงวันที่ 8 จากนั้นคำนวณหาความเร็วในการงอก (AOSA, 1983) สำหรับความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ (ต้น/วัน) คำนวณได้ดังนี้ คำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$\text{ความเร็วในการงอก} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \quad (4)$$

เวลาเฉลี่ยในการงอก ประเมินต้นกล้าปกติโดยทำการนับความงอกต้นกล้าปกติในทุก ๆ วันโดยนับทุกวันตั้งแต่วันที่ 1-8 วันหลังเพาะ (Ellis and Roberts, 1980) เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน) คำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$\text{เวลาเฉลี่ยในการงอก} = \frac{G_1 \times D_1 \times G_2 \times D_2 + \ldots + Gn \times Dn}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}} \quad (5)$$

เมื่อ $G_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n (n = ...) และ $D_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n (n = ...) หลังจากวันเพาะเมล็ด

สำหรับความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้า ทำการวัดความยาวต้นและความยาวรากที่ 8 วันหลังเพาะ (final count) สุ่มมาซ้ำละ 10 ต้น โดยประเมินความยาวต้นวัดจากโคนลำต้นอ่อนจนถึงปลายใบ ส่วนความยาวรากวัดจากโคนรากแก้วจนถึงปลายราก ส่วนความยาวต้นกล้าตรวจวัดตั้งแต่ปลายรากจนถึงปลายใบ โดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ในส่วนของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นกล้า สุ่มชั่งน้ำหนักต้นกล้าที่มีอายุ 8 วันหลังเพาะ สุ่มมากรรมวิธีละ 10 ต้น โดยใช้เครื่องชั่งมีหน่วยเป็นกรัม

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยทราย (Sand test) เตรียมทรายที่มีขนาดสม่ำเสมอโดยร่อนผ่านตะแกรงขนาดแตกต่างกัน พบว่า เมล็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียวและเมล็ดที่เคลือบด้วย *B. –subtilis* ที่ความเข้มข้น 2%v/v ส่งผลให้เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร แล้วนำทรายไปอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นเพาะเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด

การตรวจสอบความงอก ประเมินผลต้นกล้าปกติครั้งแรกที่ 5 วัน (First count) และ 8 วันหลังเพาะ (Final count) เช่นเดียวกันกับวิธีการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการตามวิธีของ ISTA (2019) ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (%) คำนวณได้จากสมการที่ (6)

$$\text{ร้อยล่ะความงอกของเมล็ดพันธุ์} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \text{ X } 100 \quad (6)$$

การตรวจสอบการโผล่พ้นดิน ประเมินการงอกของ Cotyledon ของต้นกล้าถั่วเหลืองที่โผล่พ้นดินขึ้นมาจากกระบะทราย ในวันที่ 1 และ วันที่ 4 จากนั้นนำไปคำนวณหาร้อยล่ะการโผล่พ้นดินคำนวณได้จากสมการที่ (7)

$$\text{ร้อยล่ะการโผล่พ้นดิน} = \frac{\text{จำนวนของ Cotyledon ที่โผล่พ้นดิน}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \text{ X } 100 \quad (7)$$

การตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดินสุ่มตรวจนับการงอกของ Cotyledon ของต้นกล้าถั่วเหลืองที่โผล่พ้นดินขึ้นมานับทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 4 หลังการเพาะ จากนั้นคำนวณหาความเร็วในการโผล่พ้นดินคำนวณได้จากสมการที่ (8)

$$\text{ความเร็วในการโผล่พ้นดิน} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวน Cotyledon ที่โผล่พ้นดินในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \quad (8)$$

สำหรับความยาวต้นกล้า ทำการวัดความยาวต้นกล้า สุ่มมาซ้ำละ 10 ต้น โดยประเมินความยาวต้นวัดจากปลายใบ ถึงปลายราก โดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร ซึ่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นกล้า สุ่มชั่งน้ำหนักต้นกล้าที่มีอายุ 8 วันหลังเพาะ สุ่มมากรรมวิธีการละ 10 ต้น โดยใช้เครื่องชั่งมีหน่วยเป็นกรัม

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองตามลักษณะต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การงอกรากแรก ความงอกของเมล็ดเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine Transformation และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดหลังเคลือบเมล็ดร่วมกับ *Bacillus subtilis* ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพทราย

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดหลังเคลือบเมล็ดร่วมกับ *B. subtilis* ที่ความเข้มข้นมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการอื่น ๆ และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนการทดสอบในสภาพทรายพบว่า เมล็ดที่เคลือบด้วย *B. subtilis* ความเข้มข้น 2%v/v ส่งผลให้มีความงอก และความเร็วในการงอกมากกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนี้พบว่าเมล็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียวส่งผลให้เมล็ดถั่วเหลืองใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกมากกว่าเมล็ดที่เคลือบด้วย *B. subtilis* ความเข้มข้น 0.5%v/v เมื่อตรวจสอบในสภาพทราย (ตารางที่ 1)

แสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดถั่วเหลืองร่วมกับ *B. subtilis* 2 %v/v มีผลส่งเสริมต่อความงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ แต่การเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไม่ได้ส่งผลต่อความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่สภาพทรายพบว่าเมล็ดที่เคลือบด้วย *B. subtilis* ความเข้มข้น 2%v/v มีความเร็วในการงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ แสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดถั่วเหลืองร่วมกับ *B. subtilis* ในอัตรา 2%v/v สามารถช่วยส่งเสริมให้เมล็ดถั่วเหลืองมีความแข็งแรงที่สูงเพิ่มขึ้นได้เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเนื่องจาก *B. subtilis* สร้างเอนโดสปอร์ที่มีความสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ทำให้สามารถออกฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ดี โดย *B. subtilis* มีความสามารถแสดงออกของยีนและฮอร์โมนจำเพาะ คือ 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminaseเพื่อควบคุมระดับเอทิลีนโดยจะเผาผลาญ ACC แล้วเปลี่ยนไปเป็น **α**-ketobutyric และแอมโมเนียที่มีผลต่อการส่งเสริมการงอกของเมล็ด (Arshad et al., 2007; Glick et al., 2007) ผลการทดลองสอดคล้องกับ จักรพงษ์ และคณะ (2564) พบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองร่วมกับ *Bacillus thuringiensis* อัตรา 0.1, 0.2 และ 0.3 มิลลิลิตร พบว่ามีความงอกดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ (จักรพงษ์ และคณะ, 2564)

ตารางที่ 1 การงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองฝักสด หลังเคลือบร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่แตกต่างกัน เมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการและสภาพทราย

กรรมวิธี	สภาพห้องปฏิบัติการ[2]			สภาพทราย[2]		
	การงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)	การงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
เมล็ดไม่เคลือบ	78 ^{b}	15.43	4.45	60 ^{b}	11.90 ^{bc}	5.38 ^{ab}
เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว	85 ^{a}	16.48	4.60	55 ^{c}	11.00 ^{c}	5.48 ^{a}
เมล็ดเคลือบ +*B. subtilis* 0.%5v/v	79 ^{b}	15.50	4.49	62 ^{b}	12.30 ^{b}	5.39 ^{ab}
เมล็ดเคลือบ +*B. subtilis* 1%v/v	79 ^{b}	15.40	4.51	60 ^{b}	12.00 ^{b}	5.37 ^{ab}
เมล็ดเคลือบ +*B. subtilis* 1.%5v/v	79 ^{b}	15.63	4.36	62 ^{b}	12.30 ^{b}	5.34 ^{b}
เมล็ดเคลือบ +*B. subtilis* 2%v/v	85 ^{a}	16.24	4.30	70 ^{a}	14.00 ^{a}	5.37 ^{ab}
F-test	*	ns	ns	*	*	*
CV. (%)	8.16	8.52	4.50	4.57	6.50	3.44

ns, *: ไม่แตกต่างทางสถิติและแตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญ P≤0.05 ตามลำดับ, [1/] แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin
[2/]หมายถึงภายในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีนัยสำคัญที่ P ≤ 0.05 โดย DMRT

3.2 การเปลี่ยนแปลงด้านการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดหลังเคลือบเมล็ดร่วมกับ *Bacillus subtilis* ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพทราย

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลืองฝักสด ที่อายุ 8 วันหลังเคลือบเมล็ดร่วมกับ *B.subtilis* พบว่าเมล็ดที่เคลือบด้วย *B. subtilis* ความเข้มข้น 2%v/v มีความยาวต้นกล้าสูงที่สุด คือ 13.21 เซนติเมตร และส่งผลให้ความยาวรากมีแนวโน้มที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบและแตกต่างกันในทางสถิติ (รูปที่ 1)

อย่างไรก็ตามพบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้น้ำหนักแห้งต้นและน้ำแห้งรากแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เมื่อตรวจสอบในสภาพทราย พบว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบทุกกรรมวิธีมีความยาวต้นที่มากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่เคลือบ และเมื่อตรวจสอบน้ำหนักสดต้นกล้าและน้ำหนักแห้งต้นกล้าพบว่าทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตารางที่ 2)

รูปที่ 1 ผลของการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลืองที่อายุ 8 วัน หลังพอกร่วมกับ *Bacillus subtilis* เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการโดยมีกรรมวิธีการทดลองดังนี้ T1 = เมล็ดไม่เคลือบ, T2 = เมล็ดเคลือบด้วยสารเคลือบทางการค้าเพียงอย่างเดียว, T3 = เมล็ดเคลือบ + *Bacillus subtilis* 0.5%v/v, T4 = เมล็ดเคลือบ + *Bacillus subtilis* 1%v/v, T5 = เมล็ดเคลือบ + *Bacillus subtilis* 1.5%v/v, T6 = เมล็ดเคลือบ + *Bacillus subtilis* 2 %v/v

ตารางที่ 2 ความยาวต้นกล้า ความยาวราก น้ำหนักแห้งราก น้ำหนักสดต้นกล้า และน้ำหนักแห้งต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดหลังเคลือบเมล็ดร่วมกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการและสภาพทราย

	สภาพห้องปฏิบัติการ[1]				สภาพทราย[1]		
กรรมวิธี	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม)
เมล็ดไม่เคลือบ	10.84 ^{b}	13.17 ^{b}	1.41	0.29	21.39 ^{b}	24.78	2.32
เคลือบด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว	10.62 ^{bc}	14.39 ^{ab}	1.50	0.32	23.00 ^{ab}	25.45	2.42
เมล็ดเคลือบ +*B. subtilis* 0.%5v/v	10.16 ^{c}	13.94 ^{ab}	1.57	0.29	22.86 ^{ab}	25.35	2.48
เมล็ดเคลือบ +*B. subtilis* 1%v/v	10.39 ^{bc}	13.96 ^{ab}	1.56	0.26	24.90 ^{a}	25.75	2.52
เมล็ดเคลือบ +*B. subtilis* 1.%5v/v	11.29 ^{b}	13.99 ^{ab}	1.54	0.29	24.90 ^{a}	26.83	2.50
เมล็ดเคลือบ +*B. subtilis* 2%v/v	13.21 ^{a}	15.25 ^{a}	1.48	0.30	25.13 ^{a}	26.90	2.51
F-test	*	*	ns	ns	*	ns	ns
CV. (%)	9.47	10.19	12.62	47.14	3.57	4.81	6.08

ns, *: ไม่แตกต่างทางสถิติและแตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญ P≤0.05 ตามลำดับ, [1/]หมายถึงภายในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีนัยสำคัญที่ P ≤ 0.05 โดย DMRT

จากผลการทดสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลืองในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพทรายแสดงให้เห็นว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับ *B. subtilis* ทุกความเข้มข้นส่งผลให้ความยาวต้นและความยาวรากมากกว่าเมล็ดที่ไม่เคลือบโดยเฉพาะการเคลือบเมล็ดร่วมกับ *B. subtilis* 2%v/v มีแนวโน้มให้ความยาวต้นและความยาวรากดีกว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับ *B. subtilis* ที่ความเข้มข้นอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเคลือบเมล็ดที่มีการนำสารสะสมมาห่อหุ้มรอบ ๆ ผิวของเมล็ดพันธุ์ซึ่งการเคลือบเมล็ดพันธุ์เป็นตัวนำพา *B. subtilis* ให้ติดไปกับเมล็ดได้ โดยการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *B. subtilis* ความเข้มข้น 2%v/v มีปริมาณของ *B. subtilis* ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ทำให้มีโอกาสรอดชีวิต และติดอยู่กับเมล็ดได้ยาวนานมากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถออกฤทธิ์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้เพิ่มมากขึ้นจากเดิม โดย *B. subtilis* มีบทบาทสำคัญที่สามารถสังเคราะห์ Phytohormone ในกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และ ไซโตไคนินที่มีบทบาทต่อการกระตุ้นการงอกรากรวมทั้งส่งเสริมการพัฒนาการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Glick, 2012) ซึ่งออกซินเป็นฮอร์โมนที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดย indole-3-acetic acid (IAA) เป็นออกซินที่พืชสังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโนทริปโตเฟน มีบทบาทสำคัญต่อการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ เร่งการขยายขนาดเซลล์ ควบคุมการแตกราก และยับยั้งการเจริญของตา เป็นต้น (Martinez et al., 2013) นอกจากนี้ IAA ยังทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญที่ปลายรากพืชทำให้มีพื้นผิวสัมผัสเพิ่มขึ้นและเพิ่มความสามารถในการลำเลียงธาตุอาหาร (Yang et al., 2009) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ อนุเทพ (2558) รายงานว่าการแช่เมล็ดข้าวในสารละลาย *B. subtilis* ที่ความเข้มข้น 10^6, 10^7 และ 10^8 CFU/ml เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า ความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักแห้งของข้าวมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ผลการทดลองของ จักรพงษ์ และคณะ (2561) ที่เคลือบเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับ *B. subtilis* พบว่าความยาวต้น และน้ำหนักสดลำต้นสูงกว่าเมล็ดไม่เคลือบ

5. สรุป

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียวและเมล็ดที่เคลือบด้วย *B. subtilis* ความเข้มข้น 2%v/v มีความเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนในสภาพทรายการเคลือบเมล็ดด้วย *B. subtilis* ความเข้มข้น 2%v/v ส่งผลให้เมล็ดมีความงอก และความเร็วในการงอกมากกว่าทุกกรรมวิธี ดังนั้นการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *B. subtilis* ที่ความเข้มข้น 2%v/v เป็นอัตราแนะนำสำหรับยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดกลิ่นหอมพันธุ์เชียงใหม่ 84-2

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณรายวิชา พร521 สรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ ปีการศึกษา 2565 สำหรับการช่วยเตรียมต้นฉบับบทความวิจัยเรื่องนี้ และขอขอบคุณสาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ได้อำนวยความสะดวกพื้นที่ดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ กางโสภา, Russell. K.H., และบุญมี ศิริ. (2561). ผลของการทำ seed treatment ร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่อความงอกและการเติบโตของผักกาดหอม. วารสารเกษตร. 34(3): 385-397.

จักรพงษ์ กางโสภา. (2563). การเคลือบเมล็ดพันธุ์, ว. ผลิตกรรมการเกษตร. 1(2): 63-76.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

จักรพงษ์ กางโสภา, พสธร สมโภชน์, สมใจ ยศศรี และเพชรรัตน์ จี้เพชร. (2564). การเปลี่ยนแปลงความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลืองหลังการเคลือบเมล็ดด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์ *Bacillus thuringiensis* และ *Beauveria bassiana*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย. 6(1) .

จักรพงษ์ กางโสภา, เพชรรัตน์ จี้เพชร และ สุรีมาศ จันต๊ะอินทร์. (2565). ความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลืองหลังการเคลือบและพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *Bacillus subtilis*. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 14(1): 266-281.

บุญมี ศิริ. (2558). การยกระดับและการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์. โรงพิมพ์คลังนานา. ขอนแก่น.

พิมพ์นภา ขุนพิลึก. (2555). ถั่วเหลืองฝักสดกลิ่นหอมพันธุ์ เชียงใหม่ 84-2. กรุงเทพฯ. กรมวิชาการเกษตร

อนุเทพ ภาสุระ. (2558). การใช้ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ Bacillus subtilis ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะดินเค็มจากน้ำทะเล. มหาวิทยาลัยบูรพา.

Arshad., M.,Saleem., M. and Hussain., S. (2007). Perspectives of bacterial ACC deaminase in phytoremediation. Trends in Biotechnology. 25(8): 356-362.

Association of Official Seed Analysts (AOSA). (1983). Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No.32.

Ellis, R. H., and E. H. Roberts. (1980). The influence of temperature and moisture on seed viability period in barley. (*Hordeum distichum* L.). Ann. Bot. 45. 31-37.

Fehr, W.R., and Caviness, C.E. (1977). Stages of soybean development. Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Experiment Station, Iowa State University, Ames, Iowa.

Glick, B.R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. Scientifica. 1-15.

Glick, B.R. Cheng, Z., Czarny, J. and Duan, J. (2007). Promotion of plant growth by ACC deaminase -producing soil bacteria. European Journal of Plant Pathology. 119(3): 329-339.

ISTA. (2019). International Rules for Seed Testing, Edition 2019. International Seed Testing Association, Bassersdorf.

Kesan, J.P. (2007). Agricultural Biotechnology and Intellectual Property: Seeds of Change. CAB International. Wallingford. UK.

Kloepper, J.W., Ryu, C.M. and Zhang, S. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus spp*. The American Phytopathological Society. 94(11): 1259- 1266.

Kundu, B.S. and Gaur, A.C. (1980). Establishment of nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria in rhizosphere and their effect on yield and nutrient uptake of wheat crop. Plant and Soil. 57(1980): 223-230.

Lakshminarayana, K., Narula, N., Hooda, I.S. and Faroda, A.S. (1992). Nitrogen economy in wheat (*Triticum aestivum*) through use of Azotobacter chroococcum. Indian Journal of Agricultural Sciences. 62(1): 75-76.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Martínez, L.L., Peniche, R.M., Iturriaga, M.H. and Arvizu-Medrano, S.M. (2013). Characterization of rhizobacteria isolated from tomato and their effect on tomato and bell pepper growth. Revista Fitotecnia Mexicana. 36(1): 63- 69.

Oteino, N., Lally, R.D., Kiwanuka, S., Lloyd, A., Ryan, D., Germaine, K.J. and Dowling, D.N. (2015). Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic *Pseudomonas* isolates. Frontier in Microbiology. (6): 745.

Qian, L., Jin, H., Yang, Q., Zhu, L., Yu, X., Fu, X., Zhao, M. and Yuan, F. (2022). A Sequence Variation in GmBADH2 Enhances Soybean Aroma and Is a Functional Marker for Improving Soybean Flavor. Int. J. Mol. Sci. (23): 4116.

Yang, O., Li, C., Li, H., Li, Y. and Yu, N. (2009). Degradation of synthetic reactive azo dyes and treatment of textile wastewater by a fungi consortium reactor. Biochemical Engineering Journal. 43(3): 225-230