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

บทความวิจัย

ผลของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของต้นอ่อนข้าวสาลี

Effect of *Bacillus* spp. on growth and quality of wheatgrass

ชนิดา ผู้มีทรัพย์[1] ทองทศ เจริญธัญพิทักษ์[1] พิไล ขวัญเลิศ[1] สราลี พรมมายะกุล[1] จุฑามาศ อาจนาเสียว[1*]

[1]สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ประเทศไทย 50290

Chanida Pumeesub[1] Thongthot Charoenthanyaphithak[1] Philai Khwanlert[1] Saralee Prommayakul[1]

Chuthamat Atnaseo[1*]

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

* Corresponding author. E-mail address: chuthamat@mju.ac.th. Telephone: 0-5387-3632

วันที่รับบทความ 1/มีนาคม/2566; วันที่แก้ไขบทความ 22/มีนาคม/2566; วันที่ตอบรับบทความ 6/เมษายน/2566

บทคัดย่อ

น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีมีสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงหลากหลาย โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีผลในการบำบัดภาวะขาดฮีโมโกลบินได้ ทั้งนี้มีรายงานว่าแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (PGPB) สามารถเพิ่มการผลิตสารออกฤทธิ์และกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ การใช้ PGPB จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีได้ ดังนั้นเพื่อทดสอบความสามารถดังกล่าวของ PGPB จึงทำการคัดเลือกแบคทีเรียสกุล *Bacillus* จำนวน 8 ไอโซเลตมาทำการทดสอบ โดยแบ่งการทดสอบเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การประเมินคุณสมบัติของแบคทีเรียในการสร้าง indole-3-acetic acid (IAA) ละลายฟอสเฟต และตรึงไนโตรเจน 2) การทดสอบอิทธิพลของแบคทีเรียต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลี และ 3) การทดสอบผลของแบคทีเรียในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและคุณภาพของต้นอ่อนข้าวสาลี ด้วยการให้แบคทีเรียโดยวิธีการแช่เมล็ดและวิธีการรดต้นอ่อนข้าวสาลี การทดสอบพบว่า การแช่เมล็ดในแขวนลอยแบคทีเรียไม่มีผลต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลี และการแช่เมล็ดในแขวนลอยแบคทีเรียก่อนปลูกไม่มีผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี อย่างไรก็ตามการรดต้นกล้าด้วยแขวนลอยแบคทีเรีย มีผลทำให้ต้นอ่อนข้าวสาลีมีความยาวต้นและน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลในการเพิ่มคุณภาพของผลผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี ทั้งนี้ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวสาลีอาจมีความสัมพันธ์กับระดับการสร้าง IAA และ *Bacillus* spp. บางไอโซเลต เช่น B07 มีศักยภาพในการส่งเสริมการเติบโตและคุณภาพของของต้นอ่อนข้าวสาลี อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อค้นหาวิธีการที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียเหล่านี้ต่อไป

คำสำคัญ; น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี คุณค่าทางโภชนาการ คลอโรฟิลล์ แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

Abstract

Wheatgrass juice contains diverse nutrient-rich compounds, particularly chlorophyll, making it valuable as a remedy for conditions related to hemoglobin deficiency. There has been reported that plant growth promoting bacteria (PGPB) are able to increase the production of active compounds in plants as well as improve plant growth. Therefore, PGPB may serve as an option for improving nutritional value of wheatgrass juice. In order to test such ability of PGPB, 8 isolates of *Bacillus* spp. were selected f

or evaluation, which was divided into 3 parts, which included 1) evaluating their abilities to produce indole-3-acetic acid (IAA), solubilize phosphate and fix nitrogen 2) testing their effects on germination and seed vigor, and 3) testing their growth and quality

promoting effects on wheat seedlings, following soaking or soil application. It was found that soaking seeds in bacterial suspension had no effect on germination rate and seed vigor as well as has no effect on seedling growth and quality of wheatgrass. However, applying bacterial suspension to soil resulted in improved shoot length and fresh weight though quality of wheatgrass remained unaffected. It was also notable that bacterial potentiality to improve growth of wheat seedling may be related to the level of IAA that bacteria could produce. This work suggested that certain *Bacillus* spp. isolates, such as isolate B07, had potential to help improving growth and quality of wheatgrass. However, further research is required in order to develop suitable technique for the application of these *Bacillus* spp. to make them more effective in the future.

Keywords; wheatgrass juice; nutritional value; chlorophyll, PGPB

1. บทนำ

น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี เป็นหนึ่งทางเลือกที่ได้รับความนิยมสูงในกลุ่มผู้รักสุขภาพ โดยเชื่อว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งมีรายงานว่า น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี มีสารอาหารต่าง ๆ มากกว่า 90 ชนิด อาทิเช่น ใยอาหาร คลอโรฟิลล์ กูลโคส และ วิตามินต่าง ๆ (สาธิต และคณะ, 2555) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคลอโรฟิลล์ที่พบมากในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีซึ่งคิดเป็นร้อยละ 70 ขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง โดยคลอโรฟิลล์กระตุ้นให้ร่างกายสร้างหรือทำหน้าที่แทนฮีโมโกลบินในภาวะขาดฮีโมโกลบินได้ (Padalia et al., 2010) นอกจากนี้ในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลียังมีสารไฟโตนิวเทรียนท์ ที่สามารถป้องกันมะเร็ง และล้างสารพิษโดยเฉพาะในตับและเลือดได้ (Thammana, 2016) ด้วยคุณสมบัติทางโภชนาการและความนิยมในการบริโภคน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี ทำให้มีการพัฒนาวิธีการผลิตต้นอ่อนข้าวสาลีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้พันธุ์ที่เหมาะสม การเลือกใช้วัสดุปลูกตลอดจนการดูแลรักษาที่จะส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี (สาธิต และคณะ , 2555; Kaur et al., 2021) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรื่องการเพาะปลูกเหล่านี้มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของต้นอ่อนข้าวสาลีได้ อย่างไรก็ตามยังขาดความสนใจในการประยุกต์ใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ plant growth promoting bacteria เพื่อการผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี ซึ่งเป็นวิธีทางชีวภาพ สามารถประยุกต์ใช้ได้ในการผลิตต้นอ่อนข้าวสาลีในระบบอินทรีย์ ทั้งนี้มีรายงานการใช้ PGPB เพิ่มผลผลิตและสร้างความต้านทานต่อโรคให้กับพืช และยังช่วยให้พืชสามารถแสวงหาและใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Glick, 2012) นอกจากความสามารถของ PGPB ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีการรายงานว่า PGPB ยังสามารถกระตุ้นการสร้างสารออกฤทธิ์ที่มีประโยชน์ทางโภชนาการในพืชได้ เช่น ช่วยกระตุ้นการสร้างฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินในสตรอเบอรี่ได้ (Rahman et al., 2018 ; Efthimiadou et al., 2020) ตลอดจนสามารถเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืชได้ โดยมีรายงานว่า *Bacillus* spp. มีผลทำให้มันฝรั่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และคลอโรฟิลล์รวมเพิ่มขึ้นได้ (Ahmed and Hasnain, 2010) โดยความสามารถในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและการสร้างสารออกฤทธิ์ในพืชของ PGPB เหล่านี้ สัมพันธ์กับคุณสมบัติที่หลากหลายของ PGPB เช่น การส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่อพืช และ การสังเคราะห์ IAA ซึ่งมีผลในการกระตุ้นการงอกของเมล็ด และการเจริญของราก ตลอดจนการสร้างเม็ดสีของพืช (Glick, 2012)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบอิทธิพลของ PGPB กลุ่ม *Bacillus* spp. ต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี รวมถึงต่อการผลิตคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี และต่อความหวานของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้แบคทีเรียดังกล่าวในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต้นอ่อนข้าวสาลีเพื่อการคั้นน้ำต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 การทดสอบคุณสมบัติของแบคทีเรีย

ในการวิจัยนี้คัดเลือกแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* จำนวน 8 ไอโซเลต ซึ่งแยกได้จากดินในพื้นที่การฟื้นฟูป่าของศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ และทำการตรวจสอบปริมาณการผลิต IAA ของแบคทีเรีย โดยเลี้ยงในอาหารทดสอบ (1% Peptone, 0.5% NaCl, 0.6% Yeast extract, 0.01% L-tryptophan, pH 7.6) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปทดสอบการเกิดสีเมื่อทำปฏิกิริยากับ Salkowski's reagent และประเมินความเข้มข้นของ IAA ที่แบคทีเรียผลิตได้โดยการเปรียบเทียบกับ IAA มาตรฐาน โดยใช้เครื่อง spectrophotometer (Metertech, SP-8001,Taiwan) ที่ความยาวคลื่น 530 nm ทดสอบการละลายฟอสเฟตบนอาหาร Pikovskaya's agar (Himedia, India) และประเมินระดับความสามารถในการละลายฟอสเฟตโดยใช้ค่าดัชนีการละลายฟอสเฟต (Phosphate Solubilization Index : PSI) ซึ่งคำนวณจากผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสกับโคโลนีหารด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (Oves et al., 2017) และตรวจหายีน *nifH* ในจีโนมของแบคทีเรียโดย Polymerase Chain Reaction ด้วยวิธีการและไพรเมอร์ของ Poly et al. (2001)

2.2 การประเมินความสามารถของแบคทีเรียในการส่งเสริมการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลี

เลี้ยงแบคทีเรียในอาหาร Tryptic Soy Broth (TSB) ครึ่งสูตร (0.85% Tryptone, 0.15% Soya peptone, 0.25% NaCl, 0.125% K_2HPO_4 และ 0.125% Glucose, pH 7.3) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นปรับความเข้มข้นของแขวนลอยแบคทีเรียด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อเป็น 2 x 10^8 CFU/mL โดยการเปรียบเทียบกับค่าความขุ่นของเซลล์ที่วัดได้จากเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 nm ทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลี โดยการแช่เมล็ดในแบคทีเรียที่เตรียมไว้เป็นเวลา 20 ชั่วโมง และเพาะบนกระดาษเพาะด้วยวิธี between paper ทดสอบ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด เก็บข้อมูลความงอกของเมล็ด 4 และ 8 วัน หลังเพาะ และคำนวณดัชนีความแข็งแรงจากผลรวมของความยาวต้นกับความยาวรากคูณเปอร์เซ็นต์ความงอก (Abdul-Baki and Anderson, 1973)

2.3 การประเมินความสามารถของแบคทีเรียในการส่งเสริมการเจริญเติบโต และคุณภาพของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

2.3.1 วิธีการแช่เมล็ด แช่เมล็ด 20 g ในแบคทีเรียที่เตรียมด้วยวิธีการเดียวกันกับข้อ 2.2 จากนั้นเพาะเมล็ดในตะกร้าขนาด 13 × 13 × 5 cm. โดยใช้วัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมกับทรายอัตราส่วน 1 : 1 ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ รดด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 150 mL ทุกเช้าและเย็น ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ เมื่อต้นอ่อนข้าวสาลีอายุครบ 7 วัน ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักผลผลิตต้นอ่อนข้าวสาลีต่อตะกร้า และสุ่มต้นอ่อน 10 ต้น เพื่อวัดความยาวต้น น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น และทำการประเมินคุณภาพของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีโดยการใช้ต้นอ่อนข้าวสาลี 10 g คั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำ วัดปริมาตรน้ำคั้นที่ได้ จากนั้นนำน้ำคั้นที่ได้เจือจางด้วย 80% acetone 20 เท่า แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 645 และ 663 nm เพื่อคำนวณคลอโรฟิลล์โดยใช้สมการของ Arnon (1949)

2.3.2 วิธีการรดต้นกล้า แช่เมล็ดในน้ำนึ่งฆ่าเชื้อก่อนเพาะเช่นเดียวกันกับการแช่ เมื่อต้นกล้าครบ 3 วัน เตรียมแขวนลอยแบคทีเรีย 2 x 10^8 CFU/mL เช่นเดียวกับการแช่เมล็ด แล้วรดต้นกล้าข้าวสาลีแทนการรดน้ำในช่วงเย็นโดยใช้ปริมาตร 100 mL และทำการเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับการแช่เมล็ดเมื่อต้นอ่อนข้าวสาลีอายุครบ 7 วัน

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ Analysis of variance (ANOVA) ของข้อมูล อัตราการงอก ดัชนีความแข็งแรงของเมล็ด ความยาวต้น น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักสดต่อตะกร้า ความหวาน และคลอโรฟิลล์ จากนั้น เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ระดับความเชื่อมั่น $P<0.05$ วิเคราะห์ผลการทดลองทั้งหมดด้วยโปรแกรม R

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแบคทีเรีย

แบคทีเรียที่ถูกคัดเลือกมาใช้ในการทดสอบทั้งหมด 8 ไอโซเลต สามารถผลิต IAA ได้ 7 ไอโซเลต และละลายฟอสเฟตได้ 6 ไอโซเลต แต่ให้ขนาดวงใสเพียงเล็กน้อย และไม่พบไอโซเลตที่มียีน *nifH* ซึ่งชี้วัดศักยภาพในการตรึงไนโตรเจน ทั้งนี้ไอโซเลต B07 สามารถผลิต IAA และให้ค่าดัชนีการละลายฟอสเฟตสูงที่สุด คือ 14.98 µg/mL และ 1.84 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติในการผลิต IAA ละลายฟอสเฟต และการตรวจการมียีน *nifH* ซึ่งชี้วัดความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. จำนวน 8 ไอโซเลต

isolate	IAA conc . (µg/mL)	PSI	*nifH*
B01	0.00	1.08	-
B02	0.79	1.00	-
B03	2.76	1.06	-
B04	2.31	1.10	-
B05	0.78	1.04	-
B06	2.19	1.20	-
B07	14.98	1.84	-
B08	3.05	1.00	-

หมายเหตุ: หมายถึง ไม่พบยีน *nifH*

3.2 ผลของแบคทีเรียในการส่งเสริมการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลี

เมล็ดข้าวสาลีที่ผ่านการแช่แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ทั้ง 8 ไอโซเลต และเมล็ดข้าวสาลีที่ผ่านการแช่ในน้ำกลั่น มีเปอร์เซ็นต์ความงอก และ ความแข็งแรงของต้นกล้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในการทดสอบทั้งสองครั้ง (ตารางที่ 2)

3.3 การประเมินความสามารถของแบคทีเรียในการส่งเสริมการเจริญเติบโต และคุณภาพของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

การทดสอบด้วยวิธีการแช่เมล็ดการแช่เมล็ดข้าวสาลีในแขวนลอยแบคทีเรียก่อนปลูก มีผลต่อความยาวต้น และผลผลิตต่อตะกร้าของต้นอ่อนข้าวสาลี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนข้าวสาลี อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการแช่เมล็ดในไอโซเลต B07 มีผลทำให้ต้นอ่อนข้าวสาลีมีความยาวต้นสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากต้นอ่อนที่ได้จากเมล็ดที่ผ่านการแช่ในน้ำ

เช่นเดียวกันกับการแช่ในไอโซเลต B07 ให้ผลผลิตต่อถาดที่สูงกว่าการแช่ในไอโซเลตอื่น ๆ แต่ให้ผลไม่แตกต่างจากการแช่เมล็ดในน้ำ (ตารางที่ 3) ในด้านผลของการแช่เมล็ดต่อคุณภาพของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี พบว่า การแช่เมล็ดในแบคทีเรียที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บี และปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อความหวาน และปริมาณคลอโรฟิลล์เอของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี โดยการแช่ในไอโซเลต B04, B05, B06 และ B07 มีผลทำให้น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีมีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเพิ่มขึ้นมากกว่าการแช่ในน้ำ คิดเป็นร้อยละ 10.76, 12.76, 7.59 และ 10.40 ตามลำดับ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) ในส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมให้ผลไปในทิศทางเดียวกับคลอโรฟิลล์บี โดยการแช่ในไอโซเลต B04, B05, B06 และ B07 ส่งผลให้ต้นอ่อนข้าวสาลีมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวม เพิ่มขึ้นมากกว่าการแช่ในน้ำ คิดเป็นร้อยละ 8.04, 2.90, 6.06 และ 7.72 ตามลำดับ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 2 ผลของการแช่เมล็ดในแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ต่อการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดข้าวสาลี

treatment	experiment1		experiment 2	
	%germination	vigor index	%germination	vigor index
B01	86.00 ± 4.97	1454.46 ± 100.37	99.00 ± 0.00	2153.25 ± 37.81
B02	81.33 ± 3.86	1623.68 ± 120.51	98.67 ± 0.94	2303.94 ± 68.31
B03	77.67 ± 4.50	1609.84 ± 262.82	99.00 ± 0.00	2315.28 ± 78.38
B04	81.67 ± 2.49	1714.75 ± 292.74	98.67 ± 0.94	2389.14 ± 80.01
B05	80.33 ± 6.94	1638.22 ± 210.82	97.00 ± 0.82	2091.13 ± 88.07
B06	81.00 ± 4.97	852.94 ± 67.45	99.00 ± 0.82	2516.22 ± 21.10
B07	86.67 ± 4.92	2013.92 ± 202.53	98.33 ± 1.70	2332 .61 ± 113.27
B08	78.33 ± 8.18	1716.96 ± 393.66	97.67 ± 1.89	2412 .41 ± 253.27
control	92.33 ± 3.09	2165.95 ± 149.77	98.33 ± 1.70	2265 .12 ± 185.52
f-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ :ข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± sd, ns ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ = $p < 0.05$ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT $p < 0.05$

การทดสอบด้วยวิธีการรดต้นอ่อนการรดแขวนลอยแบคทีเรียมีผลต่อความยาวต้น และน้ำหนักสดของต้นอ่อนข้าวสาลี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้ง และผลผลิตต่อตะกร้าของต้นอ่อนข้าวสาลี อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียทุกไอโซเลต ยกเว้น B01 ส่งผลให้ต้นอ่อนข้าวสาลีมีความยาวมากกว่าการรดด้วยน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นกล้าข้าวสาลีที่ได้รับไอโซเลต B03 ซึ่งมีค่าความยาวต้นสูงที่สุด มีความยาวต้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.93 เมื่อเปรียบเทียบกับต้นอ่อนข้าวสาลีที่รดด้วยน้ำ (ตารางที่ 5) ในด้านของน้ำหนัก ไอโซเลต B04 และ B05 ทำให้ต้นอ่อนข้าวสาลีมีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 18.75 และ 17.50 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นอ่อนข้าวสาลีที่รดด้วยน้ำ (ตารางที่ 5) ในด้านผลของการรดแขวนลอยแบคทีเรียต่อคุณภาพของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี พบว่า การรดแขวนลอยแบคทีเรียที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อความหวาน โดยการรดด้วยแขวนลอยแบคทีเรียทุกไอโซเลต ยกเว้น B01 และ B05 มีผลทำให้ต้นอ่อนข้าวสาลีมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการรดต้นอ่อนข้าวสาลีด้วยน้ำ(ตารางที่ 6)

ตารางที่ 3 ผลของการแช่เมล็ดข้าวสาลีในแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ที่แตกต่างกัน (ไอโซเลตB01-B088) ต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวสาลี

treatment	shoot length 10 plants cm	shoot fresh weight 10 plants (g)	shoot dry weight 10 plants (g)	weight/tray 10 plants (g)
B01	12.50 ± 0.17d	0.93 ± 0.02	0.12 ± 0.00	34.20 ± 2.32c
B02	12.81 ± 0.42cd	0.97 ± 0.05	0.12 ± 0.00	34.32 ± 1.53c
B03	12.83 ± 0.30cd	0.97 ± 0.07	0.12 ± 0.01	34.22 ± 0.65c
B04	13.81 ± 0.28ab	1.08 ± 0.06	0.13 ± 0.01	37.25 ± 0.74b
B05	13.43 ± 0.40abc	1.07 ± 0.08	0.13 ± 0.01	36.69 ± 0.49bc
B06	13.66 ± 0.46ab	1.05 ± 0.05	0.13 ± 0.00	39.27 ± 0.78ab
B07	13.87 ± 0.29a	1.05 ± 0.06	0.13 ± 0.00	40.93 ± 2.19a
B08	13.06 ± 0.42bcd	0.99 ± 0.07	0.13 ± 0.01	37.52 ± 2.51b
control	13.85 ± 0.78ab	1.13 ± 0.07	0.14 ± 0.01	41.51 ± 0.93a
CV%	3.17			4.14
f-test	**	ns	ns	***

หมายเหตุ :ข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± sd, ns,**, = *** ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ$p < 0.05$ แตกต่างกันทางสถิติ $p \geq 0.01$ และ 0.001 ตามลำดับ, ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT $p < 0.05$

ตารางที่ 4 ผลของการแช่เมล็ดข้าวสาลีในแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ที่แตกต่างกัน (ไอโซเลต B01-B088) ต่อคุณภาพของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

treatment	total soluble solids °Bx	chlorophyll content		
		chlorophyll a	chlorophyll b	total chlorophyll
B01	6.87 ± 0.24	562.69 ± 29.41	423.86 ± 122.52bc	986.26 ± 157.27 bc
B02	7.07 ± 0.21	524.82 ± 15.13	322.38 ± 68.31c	846.97 ± 85.86c
B03	6.67 ± 0.12	585.13 ± 3.65	485.89 ± 98.24ab	1070.71 ± 101.53 ab
B04	6.97 ± 0.26	615.54 ± 7.53	586.33 ± 27.86a	1201.49 ± 36.42a
B05	6.73 ± 0.12	547.71 ± 105.28	596.91 ± 9.27a	1144.26 ± 132.6 ab
B06	6.73 ± 0.29	610.22 ± 10.84	569.54 ± 65.04a	1179.40 ± 77.13a
B07	6.67 ± 0.09	613.79 ± 12.66	584.44 ± 60.91a	1197.85 ± 75.72a
B08	6.77 ± 0.21	603.58 ± 14.57	492.49 ± 43.08ab	1095.74 ± 44.02ab
control	6.47 ± 0.34	582.99 ± 23.71	529.38 ± 59.68ab	1112.03 ± 88.68 ab
CV%			13.64	8.78
f-test	ns	ns	**	**

หมายเหตุ :ข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± sd, ns,**, = *** ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ$p < 0.05$ แตกต่างกันทางสถิติ $p \geq 0.01$ และ 0.001 ตามลำดับ, ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT $p < 0.05$

ตารางที่ 5 ผลของการรดต้นอ่อนข้าวสาลีด้วยแบคทีเรีย*Bacillus* spp ที่แตกต่างกัน ไอโซเลต 8B01-B08 ต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวสาลี

treatment	shoot length 10 plants cm	shoot fresh weight 10 plants g	shoot dry weight 10 plants g	weight/tray 10 plants g
B01	11.33 ± 0.52de	0.85 ± 0.07abc	0.10 ± 0.01	31.31 ± 4.28
B02	11.94 ± 0.06cd	0.83 ± 0.07bc	0.10 ± 0.01	37.08 ± 0.99
B03	12.87 ± 0.53a	0.89 ± 0.06abc	0.11 ± 0.01	38.67 ± 0.71
B04	12.80 ± 0.03ab	0.95 ± 0.02a	0.12 ± 0.00	37.21 ± 1.80
B05	12.51 ± 0.50abc	0.94 ± 0.07a	0.12 ± 0.01	35.82 ± 2.10
B06	12.18 ± 0.69abc	0.89 ± 0.08abc	0.11 ± 0.01	37.96 ± 1.64
B07	11.90 ± 0.14cd	0.91 ± 0.02ab	0.11 ± 0.00	37.88 ± 0.36
B08	12.15 ± 0.04bc	0.91 ± 0.03ab	0.11 ± 0.00	36.27 ± 2.47
control	11.17 ± 0.05e	0.80 ± 0.02c	0.10 ± 0.00	37.54 ± 0.62
CV%	3.15	6.28		
f-test	***	*	ns	ns

หมายเหตุ :ข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± sd, ns,**, = *** ไม่พบความแตกต่างทางสถิติp < 0.05 แตกต่างกันทางสถิติ p ≥ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ, ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT p < 0.05

ตารางที่ 6 ผลของการรดต้นอ่อนข้าวสาลีด้วยแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ที่แตกต่างกัน ไอโซเลต 8B01-B08 ต่อคุณภาพของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

treatment	total soluble solids°Bx	chlorophyll content		
		chlorophyll a	chlorophyll b	total chlorophyll
B01	6.97 ± 0.21	587.04 ± 15.24b	315.61 ± 30.88b	902.42 ± 44.02b
B02	6.93 ± 0.39	627.12 ± 12.76a	681.91 ± 123.62a	1308.62 ± 135.16a
B03	6.57 ± 0.19	614.11 ± 17.82a	580.96 ± 66.31a	1194.71 ± 82.40a
B04	6.57 ± 0.05	629.06 ± 11.26a	583.34 ± 100.23a	1212.03 ± 90.23a
B05	6.63 ± 0.05	589.18 ± 12.86b	408.45 ± 43.17b	997.34 ± 54.13b
B06	6.70 ± 0.08	634.61 ± 10.25a	597.51 ± 31.34a	1231.74 ± 25.54a
B07	6.77 ± 0.09	625.25 ± 15.46a	589.56 ± 132.76a	1214.44 ± 147.42a
B08	6.87 ± 0.17	632.03 ± 4.10a	680.83 ± 95.03a	1312.45 ± 96.63a
control	6.30 ± 0.28	627.81 ± 3.31a	720.95 ± 41.14a	1348.32 ± 43.90a
CV%		2.00	14.46	7.49
f-test	ns	***	***	***

หมายเหตุ :ข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± sd, ns,**, = *** ไม่พบความแตกต่างทางสถิติp < 0.05 แตกต่างกันทางสถิติ p ≥ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ, ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT p < 0.05

4. วิจารณ์ผลการวิจัย

Bacillus spp. เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่มีการใช้เพื่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการแสวงหาและใช้ประโยชน์จากธาตุอาหาร การกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทั้งในสภาพปกติและสภาพเครียด รวมถึงการกระตุ้นความต้านทานต่อโรคและแมลงให้กับพืช ซึ่งเป็นผลจากความสามารถที่หลากหลายของแบคทีเรียกลุ่มนี้ (Radhakrishnan et al., 2017) ในการศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการตรวจสอบ *Bacillus* spp. จำนวน 8 ไอโซเลตและพบว่า มีคุณสมบัติในการสังเคราะห์ IAA ในระดับที่แตกต่างกัน โดยบางไอโซเลตไม่สามารถสังเคราะห์ IAA ได้ และไอโซเลตที่ผลิต IAA ได้มากที่สุดคือไอโซเลต B07 ซึ่งเป็นไอโซเลตที่สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงที่สุดเช่นกัน อย่างไรก็ตามไม่พบยีน *nifH* ซึ่งบ่งชี้ความสามารถในการตรึงไนโตรเจนในทุกไอโซเลต เมื่อทดสอบเพาะเมล็ดข้าวสาลีที่ผ่านการแช่ในแขวนลอย *Bacillus* spp. ทั้ง 8 ไอโซเลต ที่ความเข้มข้น $2x10^8$ CFU/mL เป็นเวลา 20 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีผลต่อความงอกและดัชนีความแข็งแรงของข้าวสาลี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระยะเวลาในการแช่ และความเข้มข้นของแขวนลอยแบคทีเรียมีผลต่อความงอกของเมล็ดพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป ดังการศึกษาของ Starovic et al. (2013) ที่พบว่าการแช่เมล็ด marshmallow ใน *Bacillus* sp. สามารถเพิ่มความงอกได้สูงที่สุดเมื่อใช้ความเข้มข้น $1x10^4$ CFU/mL เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่หากแช่ 2 ชั่วโมง ไม่ว่าจะใช้ความเข้มข้นใด ไม่มีผลต่อความงอก นอกจากนี้การศึกษาการแช่เมล็ดข้าวใน *Bacillus* spp. ความเข้มข้น $1x10^7$ CFU/mL เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ดัชนีความแข็งแรงของเมล็ดเพิ่มขึ้นถึง 108.70% (Rajer et al., 2022) ดังนั้นเวลาในการแช่และความเข้มข้นของแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบนี้อาจจะไม่เหมาะสมกับเมล็ดข้าวสาลี ทำให้ไม่เห็นผล

ด้วยเหตุผลเดียวกันนี้อาจอธิบายผลที่พบต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนที่เมล็ดผ่านการแช่ในแขวนลอยแบคทีเรียก่อนทำการปลูก ซึ่งให้ผลต่อการเติบโตของต้นอ่อนข้าวสาลี ระดับความหวาน และปริมาณคลอโรฟิลล์ ในระดับที่ไม่แตกต่างหรือน้อยกว่าการแช่เมล็ดในน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับไอโซเลต โดยไอโซเลต B07 แสดงศักยภาพสูงที่สุดในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้าข้าวสาลีในด้านความยาวต้นและผลผลิตต่อถาด และ ด้านการส่งเสริมการผลิตคลอโรฟิลล์ในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี อย่างไรก็ตามการให้แบคทีเรียโดยวิธีการรดต้นอ่อนข้าวสาลีอายุ 3 วัน มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวสาลีที่ชัดเจนกว่าการแช่เมล็ด โดยแบคทีเรียหลายไอโซเลตมีผลทำให้ต้นอ่อนข้าวสาลีมีความยาวและน้ำหนักสดต้นสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับแบคทีเรีย แต่การรดต้นอ่อนข้าวสาลีด้วยแขวนลอยแบคทีเรีย ไม่มีผลทำให้คุณภาพของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีทั้งในด้านความหวาน และปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างจากการรดน้ำปกติ ผลของแบคทีเรียที่มีต่อการเติบโตของต้นอ่อนข้าวสาลีที่แตกต่างกันนี้ แสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชของแบคทีเรียได้ ซึ่งนอกจากปัจจัยความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่แล้ว ชนิดและความสามารถของ *Bacillus* spp. ในการผลิตสารต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน อาจมีผลต่อประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ ในการวิจัยนี้ ไอโซเลตที่มีการผลิต IAA และละลายฟอสเฟตได้สูง เช่น B07 มีผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวสาลีได้ดีกว่าไอโซเลตอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานจากการทดสอบในมันฝรั่งซึ่งแสดงว่าการได้รับไอโซเลตของ *Bacillus* ที่ผลิต IAA ได้ปริมาณสูงกว่ามีผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโตที่ชัดเจนกว่า (Ahmed and Hasnain, 2010) ในการทดลองเดียวกันยังพบว่าแบคทีเรีย *Bacillus* ที่ผลิต IAA ได้สูงยังสามารถกระตุ้นให้มันฝรั่งผลิตคลอโรฟิลล์เอ และ บี ได้มากกว่าเช่นกัน ซึ่งการที่การทดสอบในข้าวสาลีไม่พบการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ อาจจะเป็นผลมาจากปริมาณ IAA ที่ *Bacillus* spp. ที่ใช้ทดสอบผลิตได้ในสภาพที่ทดสอบ มีปริมาณไม่เพียงพอที่จะทำให้ข้าวสาลีมีการเติบโตด้านรากที่เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ไม่เกิดการกระตุ้นการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ทั้งนี้ปริมาณ IAA ที่เหมาะสมในการกระตุ้นการตอบสนองในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน (Glick, 2012) การได้รับ IAA ในปริมาณที่สูงเกินไปอาจมีผลในทางลบต่อความงอกและการเจริญเติบโตของพืชได้ โดยมีรายงานว่าแบคทีเรียที่ผลิต IAA ในปริมาณมากมีผล

ยับยั้งการงอกของต้นข้าวสาลีดูรัม เนื่องจาก IAA จากแบคทีเรียอาจมีปฏิสัมพันธ์กับจิบเบอเรลลิน และ ไซโตไคนิน ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการงอก ส่งผลรบกวนการงอกของเมล็ดได้ (Tabatabaei et al., 2016)

อีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อระดับการตอบสนองของข้าวสาลีคือ วิธีการทดสอบ โดยการรดต้นอ่อนด้วยแขวนลอยแบคทีเรียให้ผลที่ดีกว่าการแช่เมล็ด อย่างไรก็ตามการให้แบคทีเรียแก่พืชอาจทำได้ด้วยวิธีการอื่น ๆ ซึ่งอาจจะให้ผลที่ดีกว่าได้ เช่น การแช่รากในแบคทีเรีย และฉีดพ่นแขวนลอยแบคทีเรียทางใบให้กับสตอรเบอรี่ ส่งผลให้ผลผลิต การเจริญเติบโต และปริมาณสารอาหารของสตรอเบอรี่เพิ่มขึ้น (Esiken et al., 2010) เช่นเดียวกับการให้แบคทีเรียทางใบ และทางดินแก่ข้าวโพด มีผลในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดได้ (Efthimiadou et al., 2020)

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาศักยภาพของแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* จำนวน 8 ไอโซเลต ในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและส่งเสริมการสร้างสารออกฤทธิ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการในต้นอ่อนข้าวสาลี โดยแต่ละไอโซเลตมีความสามารถในการสร้าง IAA และ ละลายฟอสเฟตได้ในระดับที่แตกต่างกัน แต่ไม่พบยีน *nifH* ในทุกไอโซเลต แม้ผลการตรวจสอบความสามารถทางเคมีในห้องปฏิบัติการจะมีความหลากหลาย แต่ไม่สะท้อนถึงความสามารถในการส่งเสริมความงอกและความความแข็งแรงของเมล็ดของแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามแบคทีเรียบางไอโซเลตมีความสามารถในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวสาลีได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดสอบให้แบคทีเรียโดยการรดต้นกล้าข้าวสาลี ที่ให้ผลที่ชัดเจนกว่าการแช่เมล็ดก่อนปลูก แต่การได้รับแบคทีเรียมีผลน้อยต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ และ ความหวานของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี จากแบคทีเรียทั้ง 8 ไอโซเลต พบว่า ไอโซเลต B07 ซึ่งผลิต IAA ได้สูงที่สุด และมีค่า PSI ที่สูงที่สุด มีความสามารถในการส่งเสริมการเติบโตของต้นอ่อนข้าวสาลีได้ดีในทั้งสองวิธีการ ซึ่งยังไม่สามารถอธิบายได้แน่ชัดว่าเป็นผลมาจากคุณสมบัติดังกล่าวของแบคทีเรียหรือไม่ การทดสอบโดยการกระตุ้นการสร้าง IAA ของแบคทีเรียก่อนใช้ทำการทดสอบ หรือใช้ supernatant ที่ได้ในการแช่หรือรดเมล็ดข้าวสาลี หรือใช้แบคทีเรียที่สร้าง IAA ได้มากกว่า อาจช่วยให้สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาณ IAA กับการเติบโตและการสร้างสารออกฤทธิ์ของข้าวสาลีได้ ดังนั้นการจะพัฒนาแบคทีเรีย *Bacillus* เหล่านี้เพื่อใช้ประโยชน์ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ทั้งในด้านชนิดของแบคทีเรีย วิธีการให้แบคทีเรียต่อพืชที่เหมาะสม และอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับข้าวสาลีในการที่จะส่งเสริมการเจริญเติบโตและการสร้างสารออกฤทธิ์ของพืชได้ ตลอดจนต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการบริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาและผลิตกำลังคนของประเทศเพื่อรองรับนโยบาย Thailand 4.0 และโครงการการสำรวจความหลากหลายของจุลินทรีย์ในดินที่มีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศในพื้นที่การฟื้นฟูป่าของศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงบประมาณโดยสำนักงาน กปร. รหัส กปร-. 60-001

เอกสารอ้างอิง

สาธิต ปิ่นมณี , ศิลาวัน จันทรบุตร และกาญจนา พิบูลย์) .2555 .(การพัฒนาวัสดุเพาะการใช้ประโยชน์จากกากต้นอ่อนข้าวสาลี .ในสัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ประจำปี 2555 .พิษณุโลก. กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว.

Abdul-Baki A. A. and Anderson J. D. (1973). Vigour determination in soybean seed by multiplication. Crop Science. 3: 630-633.

Ahmed A. and Hasnain S. (2010). Auxin-producing *Bacillus* sp.: Auxin quantification and effect on the growth of *Solanum tuberosum*. Pure and Applied Chemistry. 82(1): 313-319.

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant physiology. 24(1): 1.

Esitken A., Yildiz H. E., Ercisli S., Donmez M. F., Turan M. and Gunes A. (2010). Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. Scientia Horticulturae. 124(1): 62-66.

Efthimiadou A., Katsenios N., Chanioti S., Giannoglou M., Djordjevic N. and Katsaros G .(2020) .Effect of foliar and soil application of plant growth promoting bacteria on growth, physiology, yield and seed quality of maize under Mediterranean conditions .Scientific Reports.10 (1): 1-11.

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

Kaur, N., Singh, B., Kaur, A., Yadav, M .P., Singh, N., Ahlawat, A .K., and Singh, A .M .(2021) .Effect of growing conditions on proximate, mineral, amino acid, phenolic composition and antioxidant properties of wheatgrass from different wheat)*Triticum aestivum* L (.varieties .Food Chemistry, 341: 128201

Lim J .H. and Kim S .D) .2013 .(Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in pepper .The Plant Pathology Journal. 29)2(: 201.

Oves M., Khan M .S. and Qari H .A) .2017 .(*Ensifer adhaerens* for heavy metal bioaccumulation, biosorption, and phosphate solubilization under metal stress condition . Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 80 :540-552.

Padalia S., Drabu S., Raheja I., Gupta A. and Dhamija M) . 2010 .(Multitude potential of wheatgrass juice) green blood :(an overview .Chron Young Sci. 1)2 :(23–28.

Poly F., Monrozier L. J. and Bally R. (2001). Improvement in the RFLP procedure for studying the diversity of *nifH* genes in communities of nitrogen fixers in soil. Research in Microbiology. 152(1): 95-103.

Radhakrishnan R., Hashem A. and Abd_Allah E. F. (2017). *Bacillus*: A biological tool for crop improvement through bio-molecular changes in adverse environments. Frontiers in Physiology. 8: 667.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Rahman M., Sabir A .A., Mukta J .A., Khan M., Alam M., Mohi-Ud-Din M., Miah Md. G., Rahman M .and Islam M .T . (2018) Plant probiotic bacteria *Bacillus* and *Paraburkholderia* improve growth, yield and content of antioxidants in strawberry fruit .Scientific Reports. 8(1) :1-11.

Rajer F. U., Samma M. K., Ali Q., Rajar W. A., Wu H., Raza W., Xie Y., Tahir H. A. S. and Gao X. (2022). *Bacillus* spp.-mediated growth promotion of rice seedlings and suppression of bacterial blight disease under greenhouse conditions. Pathogens. 11(11): 1251.

Singh K., Verma C. and Kumar R) .2015 .(Comparative study of PGPR isolated from crop plants)mustard and maize (and wild medicinal plant)Lantana (and their potency for enhancement of wheat plant . International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives. 6)1(: 42-48.

Starovic M., Josic D., Pavlovic S., Drazic S., Postic D., Popovic T. and Stojanovic S. (2013). The effect of IAA producing *Bacillus* sp. Q3 strain on marshmallow seed germination. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 19(3): 572-577.

Tabatabaei S., Ehsanzadeh P., Etesami H., Alikhani H. A. and Glick B. R. (2016). Indole-3-acetic acid (IAA) producing *Pseudomonas* isolates inhibit seed germination and **α**-amylase activity in durum wheat (*Triticum turgidum* L.). Spanish Journal of Agricultural Research. 14(1): 15.

Thammana M., Sreerangam S. and Nambaaru S .(2016) .A mini review on wheatgrass .Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.4 (3): 13-19.