

ประสิทธิภาพของการบ่มเซรั่มน้ำยางธรรมชาติร่วมกับบาซิลลัส ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกวางตุ้งฮ่องเต้

Efficacy of Natural Rubber Serum (NRS) Incubated with *Bacillus* sp. on Growth Promotion of Pak-choi (*Brassica chinensis*)

อรทัย แดงสวัสดิ์¹ พัชรนันท์ เพชรพรหม² นิชกานต์ การขยัน² วราภรณ์ สีหาโมก³ พัชพล พรหมภักดี⁴
ธีร ศรีสวัสดิ์³ และปัทมา เพิ่มพูนพัฒนา^{3*}

Orathai Dangsawat¹ Patcharanan Peatprom² Nichakan Kankhayan² Waraphorn Sihamok³ Pattapol Prompukdee⁴
Theera Srisawat³ and Patima Permpoonpattana^{3*}

¹ศูนย์ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเครื่องมือกลาง สำนักงานวิทยาเขตสุราษฎร์ธานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

¹Scientific Laboratory and Equipment Center, Office of Surat Thani Campus, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Mueang Surat Thani, Surat Thani, 84000

²โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ สุราษฎร์ธานี อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

²PSU. Witthayanusorn Suratthani School, Mueang Surat Thani, Surat Thani, 84000

³สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะนวัตกรรมและการเกษตร ประมง และอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

³Department of Agricultural Science and Technology, Faculty of Innovative Agriculture, Fisheries and Food, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Mueang Surat Thani, Surat Thani, 84000

⁴งานบริหารทรัพย์สิน สำนักงานวิทยาเขตสุราษฎร์ธานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000

⁴Property Management, Office of Surat Thani Campus, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Mueang Surat Thani, Surat Thani, 84000

* Corresponding author: patima.pe@psu.ac.th

(Received: 1 October 2024; Revised: 19 December 2024; Accepted: 28 January 2025)

Abstract

This study aimed to investigate the effects of natural rubber serum fermented with the spores of 4 probiotic *Bacillus* sp. namely *Bacillus aryabhatai* (CKNJh11), *B. pseudomyoides* (THPS1), *B. fusiformis* (PWR01), and *B. marisflavi* (OYNH19) both encapsulated and non-encapsulated with sodium alginate, on the growth promotion of Pak-choi (*Brassica chinensis*) over 35 days after planting. The experiment was designed as a completely randomized design (CRD), with each treatment consisting of three pots, and each pot containing 3 Pak-choi plants. The results showed that the treatment group using natural rubber serum fermented with probiotics spore for 7 days had the best growth performance of Pak-choi. The mean values for plant height, chubby, leaf width, leaf length, and length of leaf stalk were 16.20 2.56 7.80 10.83 and 6.00 cm, respectively.

The mean number of leaves was 13 leaves per plant. The average fresh weight and dry weight per plant were 50.76 and 6.91 g, respectively. In contrast, the group supplemented with non-fermented natural rubber serum had mean values for plant height, chubby, leaf width, leaf length, and length of leaf stalk of 15.73 2.40 7.43 10.06 and 5.50 cm, respectively, with an average of 12.33 leaves per plant. Both groups showed growth rates comparable to the group treated with chemical fertilizer (25-7-7). The findings suggest that natural rubber serum fermented with non-encapsulated probiotics for 7 days, as well as non-fermented latex serum, can promote the growth of Pak-choi as effectively as chemical fertilizer. Therefore, these treatments could serve as viable alternatives to chemical fertilizers for promoting Pak-choi growth.

Keywords: Natural rubber serum, *Bacillus* sp., growth promotion, Pak-choi (*Brassica chinensis*)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเสริมน้ำยางธรรมชาติ ที่นำมาบ่มร่วมกับสปอร์ของโพรไบโอติก สกุลบาซิลลัส 4 ชนิด ได้แก่ *Bacillus aryabhatta* (CKNJh11) *B. pseudomycooides* (THPS1) *B. fusiformis* (PWR01) และ *B. marisflavi* (OYNH19) ทั้งที่ห่อหุ้มและไม่ห่อหุ้มด้วยไซโตเดียมแอลจินेटต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกวางตุ้งฮ่องเต้ เป็นระยะเวลา 35 วันหลังการปลูก งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แต่ละชุดการทดลองจะมีทั้งหมด 3 กระถาง ในแต่ละกระถางปลูกกวางตุ้งฮ่องเต้ 3 ต้น จากผลการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองกลุ่มที่ให้เสริมน้ำยางหมักโพรไบโอติกรูปแบบสปอร์ระยะเวลาหมัก 7 วัน มีอัตราการเจริญเติบโตของกวางตุ้งฮ่องเต้ดีที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น ความอวบของลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และความยาวก้านใบอยู่ที่ 16.20 2.56 7.80 10.83 และ 6.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ที่ 13 ใบต่อต้น ส่วนผลของค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยต่อต้น คือ 50.76 และ 6.91 กรัม ตามลำดับ และกลุ่มที่เสริมด้วยเสริมน้ำยางที่ไม่ได้หมักกับโพรไบโอติก มีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น ค่าเฉลี่ยความอวบของลำต้น ค่าเฉลี่ยความกว้างใบ ค่าเฉลี่ยความยาวใบ และค่าเฉลี่ยความยาวก้านใบอยู่ที่ 15.73 2.40 7.43 10.06 และ 5.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ที่ 12.33 ใบต่อต้น โดยทั้ง 2 กลุ่มมีอัตราการเจริญเติบโตเทียบเท่ากับกลุ่มที่ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ดังนั้นจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า เสริมน้ำยางธรรมชาติที่บ่มด้วยโพรไบโอติกแบบไม่ห่อหุ้มเป็นระยะเวลา 7 วัน และเสริมน้ำยางที่ไม่มีการบ่มด้วยแบคทีเรียโพรไบโอติก ทำให้กวางตุ้งฮ่องเต้มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด เทียบเท่ากับกลุ่มให้ปุ๋ยเคมี จึงสามารถใช้เป็นทางเลือกทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของกวางตุ้งฮ่องเต้ได้

คำสำคัญ: เสริมน้ำยางธรรมชาติ บาซิลลัส ส่งเสริมการเจริญเติบโต กวางตุ้งฮ่องเต้

คำนำ

การทำเกษตรเป็นอาชีพหลักของคนไทยมาอย่างยาวนาน และมีพื้นที่ในการทำเกษตรมากเป็นลำดับที่ 48 ของโลก (Thepkun *et al.*, 2021) โดยส่วนใหญ่มักจะนิยมปลูกพืชเศรษฐกิจที่สามารถนำไปบริโภคและขายสร้างรายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณและขนาดจะเป็นตัวกำหนดราคาของผลผลิต ส่งผลให้

เกษตรกรจึงนิยมใช้สารเคมีในการปลูกพืชเป็นจำนวนมากก่อให้เกิดการตกค้างในผลผลิต และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Zhao *et al.*, 2021) นอกจากนี้ ยังพบปัญหาสารเคมีตกค้างในดินทำให้ดินเสื่อมคุณภาพจากการใช้ปุ๋ยเคมี (Jaipunya, 2019) กวางตุ้งเป็นพืชผักที่ผู้คนนิยมนำมาปลูกบริโภคและขาย เพราะมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น แต่เนื่องจากเกษตรกรต้องการให้ผลผลิตมีคุณภาพ

ตรงตามมาตรฐานที่ตลาดต้องการ จึงใช้สารกำจัดศัตรูพืช และปุ๋ยเคมีเพื่อเร่งการเจริญเติบโต แต่ผลที่ตามมา คือ เกิดสารเคมีตกค้างทั้งในผลผลิตและในดิน (Prathumyo *et al.*, 2023) จึงมีการใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นทางเลือกที่สามารถช่วยแก้ปัญหาสารเคมีตกค้างที่ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพได้ เนื่องจากไม่เป็นอันตราย แม้จะใช้ปริมาณมาก ติดต่อกันเป็นเวลานาน (Anugoolprasert *et al.*, 2015) นอกจากนี้ ปุ๋ยหมักชีวภาพยังมีจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ช่วยปรับสภาพของดินให้ดีขึ้น มีธาตุอาหารที่จำเป็น และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต ให้กับพืช (Payakkasirinawin *et al.*, 2023)

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและมีการปลูกมากในภาคใต้ของประเทศไทย (Somboonsuke and Phitthayaphinant, 2021) ซึ่งน้ำยางสด และน้ำยางข้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายในทางอุตสาหกรรม โดยปริมาณการส่งออกยางธรรมชาติปี พ.ศ. 2566 ยางแท่งมีปริมาณการส่งออกอยู่ที่ 1,576,853.31 ตัน และน้ำยางข้นมีปริมาณการส่งออก 773,155.76 ตัน (The office of Industrial Economics, 2023) โดยสิ่งที่ได้จากขั้นตอนการทำน้ำยางข้น คือ เซรัมน้ำยาง ซึ่งถือว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้ง ไม่นิยมนำมาใช้ประโยชน์มากนัก (Phuriragpitikhon and Siriratpiriya, 2013) เซรัมน้ำยาง ประกอบด้วย โปรตีน แทนนิน น้ำตาล ไกลโคไซด์ แอลคาลอยด์ และเกลือแร่ ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญของแบคทีเรีย (Poonpakdee *et al.*, 2020) นอกจากนี้ เซรัมน้ำยางมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ซึ่งเป็นธาตุอาหารสำหรับพืช (Chaigarun *et al.*, 2013)

นอกจากนี้ มีการใช้แบคทีเรียสกุลบาซิลลัส มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกมาผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพ เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อย่างมากต่อพืช ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และยังสามารถย่อยสลายธาตุอาหารต่าง ๆ ได้ (Rahman *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตาม

การรอดชีวิตของแบคทีเรียเป็นไปได้ยากในสภาวะที่ไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม บาซิลลัสเป็นแบคทีเรียโพรไบโอติกที่สามารถสร้างสปอร์ได้ ซึ่งทำให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม (Dangsawat, 2020) นอกจากนี้ แบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวยังมีบทบาทที่สำคัญในการควบคุมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในพืชอีกด้วย ปัจจุบันจึงมีการเริ่มนำแบคทีเรียสกุลบาซิลลัสมาใช้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ไม่ว่าจะเป็นการนำมาทำเป็นผง หรือการนำมาห่อหุ้มด้วยวัสดุตรึงชนิดต่าง ๆ ซึ่งทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ง่ายมากขึ้น (Appamano *et al.*, 2022) รวมไปถึงการใช้ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับโพรไบโอติก เช่น *Lactobacillus casei* และ *Bacillus subtilis* ซึ่งพบว่า ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตในพืชได้ รวมถึงสามารถผลิตเอนไซม์ที่ช่วยย่อย หรือละลายแร่ธาตุในปุ๋ยหมักชีวภาพทำให้พืชสามารถดูดซึมไปใช้งานได้ง่ายขึ้น (Petnuan *et al.*, 2020) และช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของจุลินทรีย์ในดินได้อีกด้วย (Zhao *et al.*, 2021)

ดังนั้น การศึกษานี้เป็นการนำเซรัมน้ำยางธรรมชาติมาบ่มกับสปอร์ของแบคทีเรียสกุลบาซิลลัส เพื่อใช้เป็นน้ำหมักชีวภาพสำหรับส่งเสริมการเจริญเติบโตของยางดั่งย่องเต้ เพื่อเป็นแนวทางในการนำผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมยางพารามาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้มากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการอยู่ร่วมกันของแบคทีเรียสกุลบาซิลลัส

นำแบคทีเรียบาซิลลัสทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ *Bacillus aryabhata* (CKNjH11) *B. pseudomycolides* (THPS1) *B. fusiformis* (PWR01) และ *B. marisflavi* (OYNH19) มาชั่งเชื้อลงบนอาหาร Nutrient agar (NA) โดยชั่งเชื้อหลักในแนวตั้งจำนวน 1 เชื้อ และเชื้ออีก 3 ชนิด ชิดในแนวนอน ให้รอยชิดของทุกเชื้อตัดกับรอยชิดเชื้อหลักแนวตั้ง โดยบาซิลลัสทั้ง 4 ชนิด จะถูกชิดเป็นทั้ง

เชื้อหลักในแนวตั้งและแนวนอน จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนเซลล์โดยวิธีนับจำนวนเซลล์ด้วยวิธีนับจำนวนเซลล์ด้วยวิธี (Hotaka *et al.*, 2021)

การเตรียมสปอร์ของแบคทีเรีย และการห่อหุ้มสปอร์แบคทีเรียด้วยโซเดียมแอลจีเนต

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดยนำแบคทีเรียบาซิลลัสทั้ง 4 ชนิด มาเลี้ยงให้สร้างสปอร์บนอาหาร Difco sporulation medium (DSM) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง และล้างสปอร์ด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ จากนั้นตรวจนับจำนวนสปอร์ (Ghelardi *et al.*, 2015) และนำสารละลายสปอร์แบคทีเรีย ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมด้วยโซเดียมแอลจีเนตความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาตร 18 มิลลิลิตร และบรรจุลงหลอดซีดยาหยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ คนให้ขึ้นรูปนาน 30 นาที จากนั้นล้างเม็ดเจลด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.85 เปอร์เซ็นต์ และเก็บในสารละลายเพปโตน 0.1 เปอร์เซ็นต์ (pH 6) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนนำไปใช้งาน (Phoem *et al.*, 2015)

การศึกษาประสิทธิภาพการห่อหุ้ม และการปลดปล่อยเซลล์ที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมแอลจีเนต

นำเม็ดแอลจีเนต 1 กรัม มาแช่ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7.4) ปริมาตร 9 มิลลิลิตร นำมาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นตรวจนับจำนวนเซลล์เพื่อคำนวณประสิทธิภาพการห่อหุ้มด้วยวิธี total plate count นำเม็ดเจล 1 กรัม มาแช่ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ตรวจนับจำนวนเซลล์เพื่อคำนวณประสิทธิภาพการปลดปล่อยทุก ๆ 1 7 และ 14 วัน (Phoem *et al.*, 2015)

การบ่มเชร็มน้ำยางด้วยแบคทีเรียโพรไบโอติก

นำเชร็มน้ำยางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาผสมกับสปอร์ของบาซิลลัสทั้ง 4 ชนิด ในปริมาณ 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทั้งสปอร์ที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมแอลจีเนต และ

สปอร์ที่ไม่ได้ห่อหุ้ม บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยตรวจนับจำนวนแบคทีเรียในเชร็มน้ำยางทุก ๆ 1 7 และ 14 วัน (Petnuan *et al.*, 2020) และนำไปตรวจสอบธาตุอาหารหลัก โดยใช้ชุดทดสอบปุ๋ย NPK (Hanna Instruments, Thailand)

การเตรียมปลูก และทดสอบประสิทธิภาพของเชร็มน้ำยางหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของกวางตั้งฮ่องเต้

นำเมล็ดกวางตั้งฮ่องเต้ (บริษัท เจียไต่ จำกัด) มาเพาะในฟองน้ำ เมื่อมีอายุครบ 10 วัน ย้ายลงกระถางขนาด 12 นิ้ว ที่รองก้นด้วยกาบมะพร้าวสับและบรรจุดินผสมแกลบดำในอัตราส่วน 1:1 (Jitae *et al.*, 2022) นำหนักรวมปลูกประมาณ 3 กิโลกรัมต่อกระถาง 3 กระถางต่อชุดการทดลอง และปลูกกวางตั้งฮ่องเต้ 3 ต้นต่อกระถาง รดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 500 มิลลิลิตรต่อกระถาง จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของเชร็มน้ำยางหมักชีวภาพ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) แบ่งออกเป็น 8 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมเชิงบวก ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 กลุ่มที่ 2 กลุ่มควบคุม ที่ให้น้ำหมักชีวภาพทางการค้า กลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุมเชิงลบที่ไม่มีการให้ปุ๋ยหรือน้ำหมักชนิดใดเลย กลุ่มที่ 4 ให้เชร็มน้ำยางหมักโพรไบโอติกแบบห่อหุ้มสปอร์ ระยะเวลาหมัก 7 วัน กลุ่มที่ 5 ให้เชร็มน้ำยางหมักโพรไบโอติกแบบห่อหุ้มสปอร์ ระยะเวลาหมัก 14 วัน กลุ่มที่ 6 ให้เชร็มน้ำยางหมักโพรไบโอติกแบบสปอร์ ระยะเวลาหมัก 7 วัน กลุ่มที่ 7 ให้เชร็มน้ำยางหมักโพรไบโอติกแบบสปอร์ ระยะเวลาหมัก 14 วัน และกลุ่มที่ 8 ให้เชร็มน้ำยางที่ไม่ได้หมักกับโพรไบโอติก ชุดควบคุมเชิงบวกให้ปุ๋ยเคมีปริมาณ 0.3 กรัมต่อกระถาง ในขณะที่ชุดการทดลองอื่น ๆ ปริมาณการให้ 100 มิลลิลิตรต่อกระถาง โดยรดน้ำหมักชีวภาพที่บริเวณโคนต้นพืช ให้ชุดการทดลองเมื่อกวางตั้งฮ่องเต้มีอายุได้ 7 14 และ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก

การบันทึกข้อมูล

วัดการเจริญเติบโตของกวางตุ้งฮ่องเต้เมื่อครบ 35 วัน ได้แก่ ความสูงของลำต้น ความอวบของลำต้น (วัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของลำต้น) จำนวนใบ ความกว้างของใบ ความยาวของใบ และความยาวของก้านใบ หลังจากนั้นเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยสุ่มถอนกวางตุ้งฮ่องเต้ 3 ต้นต่อชุดการทดลอง (Khattisa *et al.*, 2018) จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง โดยนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง (Payakkasirinawin *et al.*, 2023)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการทดลองด้วย

วิธี Duncan's new multiple range test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 11

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาการอยู่ร่วมกันของแบคทีเรียสกุลบาซิลลัส

จากการศึกษาการอยู่ร่วมกันของแบคทีเรียสกุลบาซิลลัสทั้ง 4 ชนิด พบว่า เมื่อขีดเชื้อสลับกันในแนวนอนและแนวตั้ง ไม่เกิดโซนใสหรือบริเวณยับยั้งระหว่างแบคทีเรียสกุลบาซิลลัสทั้ง 4 ชนิด แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียสกุลบาซิลลัสทั้ง 4 ชนิด สามารถอยู่ร่วมกันได้โดยไม่เกิดการยับยั้งกันเองระหว่างแบคทีเรีย (Figure 1)

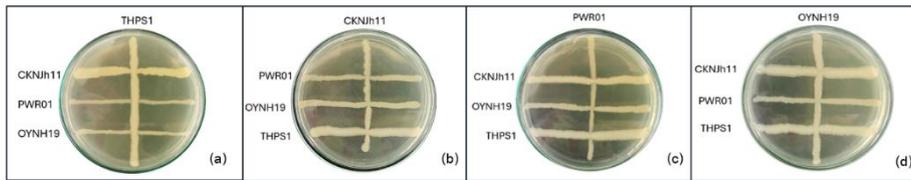


Figure 1 Coexistence between four types of probiotic *Bacillus* sp. for 24 hours. The main probiotic is (a) *B. pseudomycoides* (THPS1) (b) *B. aryabhata* (CKNJh11) (c) *B. fusiformis* (PWR01) (d) *B. marisflavi* (OYNH19)

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Appamano *et al.* (2021) ที่พบว่า *Bacillus* sp. สามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของแบคทีเรียก่อโรคในสัตว์น้ำ ได้แก่ *Pseudomonas aeruginosa* *Vibrio parahaemolyticus* และ *Staphylococcus aureus* ในขณะที่แบคทีเรียชนิดดังกล่าวไม่มีผลในการยับยั้ง *B. subtilis* เนื่องจากแบคทีเรียสกุล *Bacillus* sp. ไม่สร้างสารยับยั้งสกุลเดียวกัน เพราะมีโครงสร้างและคุณสมบัติที่คล้ายกัน นอกจากนี้ แบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* sp. มีความสามารถในการสร้างสปอร์ซึ่งมีโครงสร้างผนังสปอร์หนาจึงทำให้ *Bacillus* sp. ทนต่อสารยับยั้งที่ผลิตจากสายพันธุ์เดียวกันและสายพันธุ์อื่น (Bressuire-Isoard *et al.*, 2018)

การสร้างสปอร์ของแบคทีเรียบาซิลลัส

จากการศึกษาการสร้างสปอร์ของแบคทีเรียสกุลบาซิลลัสทั้ง 4 ชนิด ที่เลี้ยงบนอาหาร Difco sporulation medium (DSM) พบว่า มีปริมาณของสปอร์ที่ผลิตได้เท่ากับ 7.79 8.19 7.80 และ 8.31 logCFU ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ โดยบาซิลลัสทั้ง 4 ชนิด มีประสิทธิภาพในการสร้างสปอร์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (Figure 2)

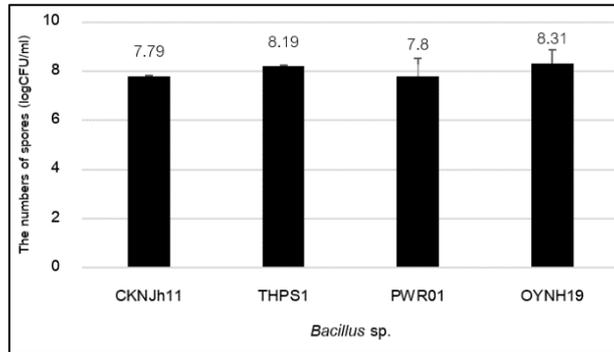


Figure 2 The numbers of spores *Bacillus* sp. on Difco sporulation medium (DSM) (n = 3, Error bars represent standard deviation among three replicates)

เนื่องจากแบคทีเรียสกุลบาซิลลัสจะมีการสร้างสปอร์เมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้สามารถทนต่อความแห้งแล้ง และอุณหภูมิต่าง ๆ ได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tian *et al.* (2022) ที่ได้ศึกษาสปอร์ของ *B. subtilis* ในอาหารเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วยแป้งที่ละลายน้ำได้ 3 กรัมต่อลิตร แป้งถั่วเหลือง 12 กรัมต่อลิตร และ $MgSO_4$ ปริมาณ 5 กรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุด โดยสามารถผลิตสปอร์สูงถึง 10^7 - 10^9 CFU ต่อมิลลิลิตร และอัตราการสร้างสปอร์อยู่ที่ 83.3 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Luong *et al.* (2018) พบว่า *B. aquimaris* CH9 ที่สร้างสปอร์จากระบบทางเดินอาหารของไก่ สามารถสร้างสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีการรอดชีวิต 76 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ซึ่งการสร้างสปอร์เป็นกลไกเพื่อการอยู่รอด ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเซลล์ปกติ ช่วงของความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมกับการเจริญของเซลล์ปกติ (Ghelardi *et al.*, 2015)

ประสิทธิภาพการห่อหุ้ม การปลดปล่อยเซลล์ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และระดับธาตุอาหารหลักในเซรัม

จากการทดสอบประสิทธิภาพการห่อหุ้ม ประสิทธิภาพการปลดปล่อยสปอร์ของแบคทีเรียสกุลบาซิลลัส 4 ชนิด พบว่า การใช้โซเดียมแอลจีเนตที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ทำให้มีประสิทธิภาพการห่อหุ้มสปอร์เท่ากับ 77.00 เปอร์เซ็นต์ โดยในระยะเวลา 1 7 และ 14 วัน สามารถปลดปล่อยเซลล์ออกจากเม็ดเจลได้เท่ากับ 83.07 88.76 และ 89.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการปลดปล่อยเซลล์จะดีที่สุดที่สุดในระยะเวลา 7 และ 14 วัน ($p \leq 0.05$) และจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในเซรัม น้ำยางธรรมชาติที่บ่มด้วยโพรไบโอติกกลุ่มบาซิลลัส 4 ชนิด ที่ผ่านการหมักเป็นระยะเวลา 1 7 และ 14 วัน เท่ากับ 6.92 7.91 และ 7.23 logCFU ต่อมิลลิลิตร ในขณะที่จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในเซรัม น้ำยางธรรมชาติที่บ่มด้วยโพรไบโอติกกลุ่มบาซิลลัส 4 ชนิดที่ห่อหุ้มร่วมกันด้วยโซเดียมแอลจีเนต ที่ผ่านการหมักเป็นระยะเวลา 1 7 และ 14 วัน เท่ากับ 6.17

7.56 7.02 logCFU ต่อมิลลิลิตร (Table 1) นอกจากนี้ระดับธาตุอาหารหลักในเซรั่มน้ำยางที่ไม่ได้บ่มด้วยโพรไบโอติก มีระดับของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในระดับปานกลาง เซรั่มน้ำยางธรรมชาติที่บ่มด้วยโพรไบโอติกกลุ่มบาซิลลัส 4 ชนิดที่ห่อหุ้มร่วมกันด้วยโซเดียมแอลจีเนต ในระยะเวลาการหมัก 7 และ 14 วัน มีระดับของไนโตรเจนต่ำ มีระดับฟอสฟอรัส

และโพแทสเซียม ในระดับปานกลาง และเซรั่มน้ำยางธรรมชาติที่บ่มด้วยโพรไบโอติกกลุ่มบาซิลลัส 4 ชนิดในระยะเวลาการหมัก 7 และ 14 วัน มีระดับของไนโตรเจนต่ำ ฟอสฟอรัสสูง และในระดับโพแทสเซียมในระยะเวลาการหมัก 7 อยู่ในระดับสูง และในระยะเวลาการหมัก 14 วัน อยู่ในระดับปานกลาง (Table 2)

Table 1 Efficiency of cell release, encapsulation yield and the numbers of bacteria in natural rubber serum fermented with probiotic *Bacillus* sp.

Time (Day)	The numbers of bacteria in natural rubber serum fermented (logCFU ml ⁻¹)		Cell release (%) of encapsulated spore
	<i>Bacillus</i> free spore	Encapsulated spore	
1	6.92±0.45	6.17±0.26	83.07±1.38 ^b
7	7.91±0.24	7.56±0.05	88.76±3.64 ^a
14	7.23±0.95	7.02±0.17	89.63±3.19 ^a
Encapsulation yield (%)		77.00±2.32	

Remarks: Values are presented as mean ± SD. Different letters (a, b) within the same columns represent a significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 2 Macronutrients in natural rubber serum (NRS) incubated with probiotic *Bacillus* sp.

Time (Day)	Fermentation	pH	Primary macronutrients		
			Nitrogen (N)	Phosphorus (P)	Potassium (K)
7	NRSF	4.0	Medium	Medium	Medium
	Encap	4.0	Low	Medium	Medium
	Spore	4.0	Low	High	High
14	NRSF	4.0	Medium	Medium	Medium
	Encap	4.0	Low	Medium	Medium
	Spore	4.0	Low	High	Medium

Remarks: *NRSF = Natural rubber serum fertilizer, Encap = Probiotic spore *Bacillus* sp. encapsulated by sodium alginate
Spore = Probiotic spore *Bacillus* sp. (free spore)

This experiment is a preliminary test to assess the levels of primary nutrients only

โซเดียมแอลจีเนตเหมาะสำหรับการห่อหุ้มเซลล์แบคทีเรียที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และช่วยป้องกันเซลล์จากสภาวะที่ไม่เหมาะสม (Kailasapathy, 2006) โดยโพรไบโอติกที่ใช้โซเดียมแอลจีเนตในการห่อหุ้มเซลล์ มีอัตราการรอดชีวิตสูง และเมื่อเวลาผ่านไปจะสามารถปลดปล่อยเซลล์ออกมาได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phoem *et al.* (2015) ที่ได้ศึกษาการห่อหุ้ม *Bifidobacterium* sp. พบว่า แบคทีเรียมีการรอดชีวิตและยังสามารถปลดปล่อยเซลล์ได้ดีกว่าเซลล์อิสระ การวัดประสิทธิภาพการปลดปล่อยสปอร์ออกจากเม็ดแอลจีเนตที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และทำการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียในเซรัมน้ำยาที่บ่มด้วยสปอร์ของแบคทีเรียเป็นเวลา 7 และ 14 วัน มีค่าอยู่ที่ 7.91 และ 7.23 logCFU ต่อ มิลลิลิตร และจำนวนแบคทีเรียในเซรัมน้ำยาที่บ่มด้วยสปอร์ที่ห่อหุ้มด้วยโซเดียมแอลจีเนตเป็นเวลา 7 และ 14 วัน มีค่าอยู่ที่ 7.56 และ 7.02 logCFU ต่อ มิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tepanan *et al.* (2016) ที่ได้มีการศึกษาผลของการห่อหุ้มเซลล์ต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรีย เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่า มีปริมาณเชื้อรอดชีวิตสูงกว่า 10^7 CFU ต่อกรัม นำสปอร์แบคทีเรียที่ไม่ได้ห่อหุ้มและห่อหุ้มด้วยแอลจีเนตมาทดสอบการทนต่อเกลือ น้ำดี พบว่าทุกไอโซเลทจะมีอัตราการรอดชีวิตเพิ่มขึ้นในความสัมพันธ์ของเกลือ น้ำดี สูงถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์หลังห่อหุ้มด้วยแอลจีเนต การนับจำนวนแบคทีเรียในระยะเวลาการหมัก 1 7 และ 14 วัน พบว่า มีปริมาณของโพรไบโอติกอยู่ในช่วง 6 - 7 logCFU ต่อ มิลลิลิตร โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับ Petnuan *et al.* (2020) รายงานว่าระยะเวลาในการหมักปฏิกิริยาด้วยโพรไบโอติกนานมากขึ้น แต่ปริมาณของ *B. subtilis* ก็ยังคงอยู่ในช่วง 10^5 - 10^7 CFU ต่อ มิลลิลิตร นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ในระยะเวลาการหมัก 7 วัน แต่ปริมาณไนโตรเจนในเซรัมที่บ่มด้วยโพรไบโอติกอยู่ในระดับที่ต่ำ ในขณะที่ Kudreaung *et al.* (2020) ที่ทดลอง

ทำปุ๋ยหมักชีวภาพโดยใช้จุลินทรีย์ หมักเป็นระยะเวลา 120 วัน พบว่า การใช้เชื้อจุลินทรีย์มีผลทำให้ธาตุอาหารในปุ๋ยหมักสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในปุ๋ยหมักให้แตกตัวเป็นสารอาหารที่เล็กลง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในการเจริญเติบโต (Mongkol *et al.*, 2022) ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นเกิดจากงานวิจัยนี้ได้ทำการหมักเซรัมน้ำยาธรรมชาติเพียง 14 วัน จึงอาจทำให้กระบวนการหมักยังไม่เสร็จสมบูรณ์ ประกอบกับการใช้โพรไบโอติกในรูปแบบสปอร์ทำให้อาจจะต้องใช้ระยะเวลาการหมักเซรัมนานขึ้น

การเสริมเซรัมน้ำยาธรรมชาติหมักกับโพรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตของกวางตั้งสองเต้

จากการทดลองให้ปุ๋ยหมักเซรัมน้ำยาธรรมชาติกับกวางตั้งสองเต้ พบว่า ชุดการทดลองกลุ่มที่ให้เซรัมน้ำยาหมัก โพรไบโอติกในรูปแบบสปอร์ระยะเวลาหมัก 7 วัน ส่งผลให้การเจริญเติบโตของกวางตั้งดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น ค่าเฉลี่ยความอวบของลำต้น ค่าเฉลี่ยความกว้างใบ ค่าเฉลี่ยความยาวใบ และค่าเฉลี่ยความยาวก้านใบอยู่ที่ 16.20 2.56 7.80 10.83 และ 6.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ที่ 13 ใบต่อต้น เทียบเท่ากับกลุ่มที่ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 และกลุ่มที่เสริมด้วยเซรัมน้ำยาที่ไม่ได้หมัก ($p \leq 0.05$) โดยกลุ่มที่ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 มีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น ค่าเฉลี่ยความอวบของลำต้น ค่าเฉลี่ยความกว้างใบ ค่าเฉลี่ยความยาวใบ และค่าเฉลี่ยความยาวก้านใบอยู่ที่ 18.20 2.23 7.83 9.00 และ 7.33 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ที่ 11.33 ใบต่อต้น และกลุ่มที่เสริมด้วยเซรัมน้ำยาที่ไม่ได้หมักกับโพรไบโอติกมีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น ค่าเฉลี่ยความอวบของลำต้น ค่าเฉลี่ยความกว้างใบ ค่าเฉลี่ยความยาวใบ และค่าเฉลี่ยความยาวก้านใบอยู่ที่ 15.73 2.40 7.43 10.06 และ 5.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ที่ 12.33 ใบต่อต้น (Table 3)

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rahman *et al.* (2018) ที่ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียในปุ๋ยชีวภาพ โดยแบคทีเรียชนิดนี้สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อพืชได้ เช่น ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phatthanawan *et al.* (2020) ที่ได้มีการศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากเชื้อ *B. megaterium* ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม และงานวิจัยของ Petnuan *et al.* (2020) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับจุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืช 2 ชนิด ได้แก่ *Lactobacillus casei* และ *B. subtilis* ที่มีผลต่อการเจริญของผักนึ่ง พบว่า ทำให้ผักนึ่งมีการเจริญเติบโตสูงสุด โดยให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และความสูงของลำต้นเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก *Bacillus* sp. สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูก และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับนำไปใช้ทางเกษตรต่อไป

การเสริมเสริมน้ำยางธรรมชาติหมักกับโพรไบโอติกต่อค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกวาดั่งฮ่องเต้

จากการศึกษาผลของการเสริมปุ๋ยหมักเสริมน้ำยางธรรมชาติต่อค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกวาดั่งฮ่องเต้ พบว่า การเสริมเสริมน้ำยางที่ผ่านการบ่มด้วยสปอร์โพรไบโอติกเป็นระยะเวลา 7 วัน ให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งที่ดีที่สุด คือ 50.76 และ 6.91 กรัม ตามลำดับ ($p < 0.05$) ซึ่งให้ผลดีเทียบเท่ากับกลุ่มควบคุมเชิงบวกที่มีการให้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 และกลุ่มเสริมเสริมน้ำยางที่ไม่ผ่านการหมักด้วยโพรไบโอติก โดยกลุ่มควบคุมเชิงบวกที่มีการให้ปุ๋ยเคมีมีค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งอยู่ที่ 56.77 และ 7.49 กรัม ตามลำดับ และกลุ่มที่เสริมเสริมน้ำยางที่ไม่ผ่านการหมักด้วย

โพรไบโอติก โดยมีค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเท่ากับ 51.65 และ 6.69 กรัม ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sakornrat (2002) ที่ได้มีการทดสอบเสริมเสริมน้ำยางต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว พบว่า เสริมจากน้ำยางพาราสามารถใช้เป็นปุ๋ยสำหรับต้นกล้าข้าวได้ดี โดยให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นเพิ่มขึ้น 1.3 และ 1.6 เท่า ตามลำดับ และให้ผลผลิตใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ให้ปุ๋ยเคมี และงานวิจัยของ Wang *et al.* (2022) ได้กล่าวไว้ว่า *Bacillus* sp. สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และมีกลไกที่สามารถปรับปรุงการใช้สารอาหารต่าง ๆ ของพืชได้ โดยช่วยเพิ่มความสูงของพืช และน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (1.20 และ 1.93 เท่า ตามลำดับ) และยังแสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพช่วยเพิ่มการทำงานการเผาผลาญ และการดูดซึมธาตุแร่ธาตุของพืชได้ดีขึ้น นอกจากนี้ ยังช่วยปรับปรุงจุลินทรีย์ในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยของ Katsenios *et al.* (2021) ที่ศึกษาแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (PGPB) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ พบว่า การใช้ *B. licheniformis* ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศได้ 39 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ *B. subtilis* และ *B. amyloliquefaciens* ทำให้น้ำหนักผลเฉลี่ยต่อต้นเพิ่มขึ้น 26 - 30 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตต่อต้นเพิ่มขึ้น 51 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า *Bacillus* sp. สามารถสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโต และฮอร์โมนพืช เช่น ฮอร์โมนกลุ่ม auxin ที่สำคัญ ได้แก่ indole-3-acetic acid (IAA) ที่ช่วยกระตุ้นการยึดตัวของเซลล์ การขยายตัวของเซลล์ และการแบ่งตัวของเซลล์ ไซโตไคนิน (cytokinin) จิบเบอเรลลิน (gibberelin) และเอทิลีน (ethylene) เป็นต้น (Saman, 2024) ดังนั้น แบคทีเรียสกุล *Bacillus* sp. จึงถูกนำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการทำการเกษตรแบบยั่งยืน

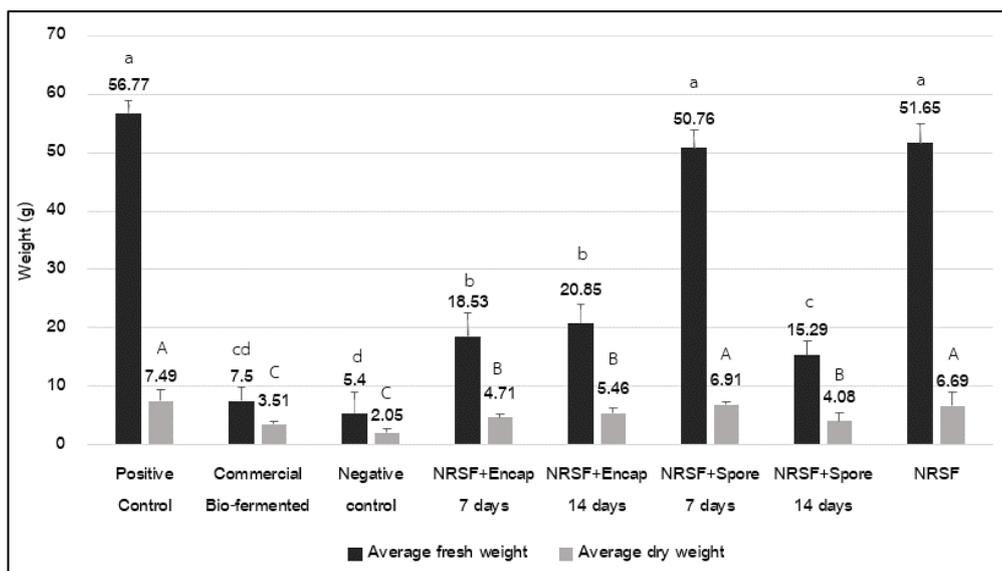


Figure 3 Efficacy of natural rubber serum fertilizer as average fresh weight and dry weight of Pak-choi a, b, c, d means in a bar with different differ significantly ($p \leq 0.05$) (n = 3, error bars represent standard deviation among three replicates)

Table 3 Efficacy of natural rubber serum (NRS) incubated with probiotic *Bacillus* sp. as growth promoter in Pak-choi

Parameters	Treatment							
	Positive control	Commercial Bio-fermented	Negative control	NRSF+Encap 7 days	NRSF+Encap 14 days	NRSF+Spore 7 days	NRSF+Spore 14 days	NRSF
Plant height (cm)	18.20±4.71 ^a	5.60±0.52 ^c	5.73±2.36 ^c	9.50±6.14 ^c	14.86±0.55 ^{ab}	16.20±0.61 ^a	10.20±1.70 ^{bc}	15.73±0.46 ^{ab}
Chubby (cm)	2.23±1.09 ^a	0.53±0.05 ^b	0.53±0.05 ^b	0.96±0.89 ^b	2.00±0.50 ^a	2.56±0.21 ^a	0.80±0.34 ^b	2.40±0.36 ^a
Number of leaves	11.33±1.52 ^{ab}	5.66±0.57 ^{cd}	4.33±1.15 ^d	7.00±3.46 ^{cd}	9.66±2.08 ^{bc}	13.00±1.00 ^a	8.66±0.57 ^{bc}	12.33±1.53 ^{ab}
Width of leaves (cm)	7.83±1.53 ^a	2.16±0.15 ^c	2.00±0.50 ^c	4.60±2.85 ^b	6.33±1.58 ^{ab}	7.80±0.36 ^a	5.40±0.36a ^b	7.43±1.01 ^a
Length of leaves (cm)	9.00±1.05 ^{ab}	4.00±1.00 ^c	3.56±1.62 ^c	6.73±3.90 ^{bc}	8.50±1.56 ^{ab}	10.83±0.28 ^a	6.80±0.91 ^{bc}	10.06±0.83 ^a
Length of leaf stalk (cm)	7.33±1.25 ^a	2.36±0.63 ^d	1.90±0.17 ^d	4.26±1.72 ^{bc}	4.66±1.25 ^b	6.00±0.43 ^{ab}	2.76±0.40 ^{cd}	5.50±0.50 ^b

 Remarks: Values are presented as mean ± SD. Different letters (a, b) within the same rows represent a significant difference ($p \leq 0.05$)

*NRSF = Natural rubber serum fertilizer

 Encap = Probiotic spore *Bacillus* sp. encapsulated by sodium alginate

 Spore = Probiotic spore *Bacillus* sp. (free spore)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการบ่มเชื้อรื้อน้ำยางที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางอุตสาหกรรมยางด้วยแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ *B. aryabhata* (CKNJh11) *B. pseudomycooides* (THPS1) *B. fusiformis* (PWR01) และ *B. marisflavi* (OYNH19) พบว่า การบ่มเชื้อรื้อน้ำยางธรรมชาติด้วยโพรไบโอติกทั้ง 4 ชนิด แบบไม่ห่อหุ้มเป็นระยะเวลา 7 วัน และเชื้อรื้อน้ำยางที่ไม่มีการบ่มด้วยแบคทีเรียโพรไบโอติก ส่งผลให้กวางตุ้งฮ่องเต้มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเทียบเท่ากับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ดังนั้นจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยเชื้อรื้อน้ำยางธรรมชาติหมักร่วมกับแบคทีเรียโพรไบโอติกนี้สามารถนำมาใช้เป็นทางเลือกทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของกวางตุ้งฮ่องเต้ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านห้องปฏิบัติการ และเครื่องมือสำหรับทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Anugoolprasert, O., P. Bunwatthanakul and S. Chakhatrakan. 2015. Effects of high-quality organic fertilizer, chemical fertilizer and their combinations on growth and yield of Kangkong (*Ipomoea aquatica* Forsk.). Thai Science and Technology Journal Supplement 23(6): 970-982. [in Thai]

Appamano, W., O. Dangasawat, S. Yuwalaksanakun, S. Onsanit, R. Sowanpreecha and P. Permpoonpattana. 2022. Effect of polysaccharide extract of *Gracilaria folifera* with alginate on efficiency of encapsulated

probiotic for use as supplement in aquaculture. Khon Kaen Agriculture Journal Supplement 50(1): 47-54. [in Thai]

Appamano, W., O. Dangasawat, T. Srisawat, R. Sowanpreecha and P. Permpoonpattana. 2021. Anti-biofilm activity of probiotic bacteria against bacterial pathogens in aquaculture. Khon Kaen Agriculture Journal Supplement 49(1): 108-115. [in Thai]

Bressuire-Isoard, C., V. Broussolle and F. Carlin. 2018. Sporulation environment influences spore properties in *Bacillus*: evidence and insights on underlying molecular and physiological mechanisms. FEMS Microbiology Reviews 42(5): 614-626.

Chaigarun, S., S. Somboon and S. Wanchana. 2013. Insecticide residues in Isan vegetables and local foods. KKU Journal for Public Health Research 6(3): 122-129. [in Thai]

Dangasawat, O. 2020. Isolation and characterization of *Bacillus* species for use as probiotic supplement in laying hen. Master of Science in Agricultural Science and Technology. Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus. [in Thai]

Ghelardi, E., F. Celandroni, S. Salvetti, S. Gueye, A. Lupetti and S. Senesi. 2015. Survival and persistence of *Bacillus clausii* in the human gastrointestinal tract following oral administration as spore-based probiotic formulation. Journal of Applied Microbiology 119(2): 552-559.

- Hotaka, D., N. Chaba and P. Preepreammote. 2021. Study on microbial cultivation and formulation of microbial against root knot nematode. 30 p. In Research Report. Land Development Department, Bangkok. [in Thai]
- Jaipunya, K. 2019. Effects of chemical fertilizer and organic bio fertilizer on the growth and yield of San-Pah-Tawng 1 sticky rice. Journal of Agricultural Research and Extension 37(1): 10-19. [in Thai]
- Jitaek, P., P. Charoenraka, P. Pimonrata, S. Supamattab, A. Tengthronga and D. Watcharinratc. 2022. Effect of bio-extracts on growth of flowering Bok Choy. In Proceedings of 60th Kasetsart University Annual Conference, February 21-23, 2022, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. [in Thai]
- Kailasapathy, K. 2006. Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of yoghurt. LWT - Food Science and Technology 39 (10): 1221-1227.
- Katsenios, N., V. Andreou, P. Sparangis, N. Djordjevic, M. Giannoglou, S. Chanioti, P. Stergiou, M. Z. Xanthou, I. Kakabouki, D. Vlachakis, S. Djordjevic, G. Katsaros and A. Efthimiadou. 2021. Evaluation of plant growth promoting bacteria strains on growth, yield and quality of industrial tomato. Microorganisms 9(10): 2099. Available: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102099>.
- Khattisa, A., K. Danmek, W. Teraarusiri, T. Hangsoongnern and S. Mahadtanapuk. 2018. Screening of *Bacillus* in biocontrol and production of bio-fertilizer for use in organic rice farms. Prawarun Agricultural Journal 15(1): 41-50. [in Thai]
- Kudreaung, P., Y. Chromkaew, K. Chinachanta, F. Chaiwan and A. Shutsrirung. 2020. Microbial decomposition of Longan leaf: II. screening of effective cellulolytic microorganisms and development of microbial product prototype for accelerating composting process. Asia-Pacific Journal of Science and Technology 25(3). Available: <https://doi.org/10.14456/apst.2020.27>.
- Luong, T. T., N. T. Huong, B. T. V. Ha, P. T. T. Huong, N. H. Anh, D. T. V. Huong, Q. T. H. Van, P. T. Nghia and N. T. V. Anh. 2018. Carotenoid producing *Bacillus aquimaris* found in chicken gastrointestinal tracts. Vietnam Journal of Biotechnology 14(4): 761-768.
- Mongkol, A., V. Saiwongjai, S. Pohetae and W. Sungpalee. 2022. The study of microbial on properties from plant residual of compost without Turning. In Proceedings of Science, Technology, and Social Sciences Procedia, September 20 - 22, 2022, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand. pp.1 -9. [in Thai]

- Payakkasirinawin, N., S. Subnugarn and A. Kummin. 2023. Effects of various bio-composts on growth and yield of cos lettuce. *Rajabhat Agriculture Journal* 22(1): 14-22. [in Thai]
- Petnuan, N., P. Tilaruk, P. Anartngam and A. Suwanposri. 2020. Biofertilizer from plant probiotic microorganisms. *Agriculture and Technology Journal* 1(3): 12-21. [in Thai]
- Phatthanawan, C., P. Sintuya, B. Sansawat and T. Soonthornvipat. 2020. Effect of organic fertilizer combined with *Bacillus megaterium* inoculant on plant growth and yield component of Khao Dawk Mali 105 rice. *Academic Journal Uttaradit Rajabhat University* 15(2): 81-96. [in Thai]
- Phoem, A. N., S. Chanthachum and S. P. Voravuthikunchai. 2015. Applications of microencapsulated *Bifidobacterium longum* with *Eleutherine americana* in fresh milk tofu and pineapple juice. *Nutrients*. 7(4): 2469-2484.
- Phuriragpitikhon, J. and O. Siriratpiriya. 2013. Management of serum waste by preservation technology for increasing electric energy efficiency and reducing methane in the concentrated latex process. *Journal of Energy Research* 10(1): 66-84. [in Thai]
- Poonpakdee, C., W. Atisakkuland and J. Onthong. 2020. Factors affecting storage of fresh rubber latex for nutrient analyses and biochemical component. *Journal of Agricultural Research and Extension* 37(3): 18-29. [in Thai]
- Prathumyo, J., V. Ketbumroong, T. Watcharamethapong and S. Wanglaeklang. 2023. The result of detected organophosphate and carbamate pesticide residues in vegetables and fruits Nakhon Ratchasima province. *Journal of Health Research and Development Nakhon Ratchasima Provincial Public Health Office* 9(1): 78-90. [in Thai]
- Rahman, M., A. A. Sabir, J. A. Mukta, M. A. Khan, M. Mohi-Ud-Din, M. G. Miah, M. Rahman and M. T. Islam. 2018. Plant probiotic bacteria *Bacillus* and *Paraburkholderia* improve growth, yield, and content of antioxidants in strawberry fruit. *Scientific Reports* 8(1): 2504. Available: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20235-1>.
- Sakornrat, K. 2002. Utilization of latex serum as rie fertilizer. Master's Thesis in Science in Biotechnology. Faculty of Science, Chulalongkorn University. [in Thai]
- Saman, P. 2024. Screening of *Bacillus* sp. as plant growth-promoting bacteria. *Journal of Roi Et Rajabhat University Science and Technology* 5(2): 37-48. [in Thai]
- Somboonsuke, B. and P. Phitthayaphinant. 2021. Para-rubber farming under the unrest situation in three southern border provinces. *King Mongkut's Agricultural Journal* 39(2): 130-140. [in Thai]
- Petnuan, N. , P. Tilaruk, P. Anartngam and A. Suwanposri. 2020. Biofertilizer from plant probio 2020. Biofertilizer from plant probiotic microorganisms. *Agriculture and Technology Journal* 1(3): 12-21. [in Thai]

- Tepanan, S., N. Ruangdechboonyarit, S. Muangham and S. Aeamsri. 2016. Survival of encapsulated probiotics bacteria in yoghurt from corn milk cow milk and soy milk as preserved at low temperature. *Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal* 2(1): 24-35. [in Thai]
- The office of Industrial Economics. 2023. Report on the state of the Thai rubber and rubberwood product industry. Available: <https://rubber.oie.go.th/box/Article/65638/รายงานสภาวะอุตสาหกรรม%20รายปี%20566.pdf> (November 2, 2024). [in Thai]
- Thepkun, P., B. Ratneetoo and R. Masamae. 2021. Farmers' knowledge and behaviors in the use of pesticides, Bo-ngo sub-district, Ra-ngaea district Narathiwat province. *Khon Kaen agriculture Journal Supplement* 49(1): 665-670. [in Thai]
- Tian, Z., L. Hou, M. Hu, Y. Gao, D. Li, B. Fan, F. Wang and S. Li. 2022. Optimization of sporulation conditions for *Bacillus subtilis* BSNK-5. *Processes* 10(6): 1133. Available: <https://doi.org/10.3390/pr10061133>.
- Wang, T., K. Cheng, X. Huo, P. Meng, Z. Cai, Z. Wang and J. Zhou. 2022. Bioorganic fertilizer promotes pakchoi growth and shapes the soil microbial structure. *Frontiers in Plant Science* 13. Available: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1040437>.
- Zhao, Y., X. Mao, M. Zhang, W. Yang, H.J. Di, L. Ma, W. Liu and B. Li. 2021. The application of *Bacillus megaterium* alters soil microbial community composition, bioavailability of soil phosphorus and potassium, and cucumber growth in the plastic shed system of North China. *Agriculture Ecosystems and Environment* 307: 107236. Available: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107236>.