การผลิตปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซานเพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม)

PRODUCTION OF PHOTOSYNTHETIC MICROBIAL BIOFERTILIZER POWDER BOUND WITH CHITOSAN FOR TESTING GROWTH OF RICE VARIETY 5451 (VIETNAMESE JASMINE)

ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร* และ ราตรี บุมี

Patompong Thaingphet*, and Ratri Bumee

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Program in Chemistry, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University

*corresponding author e-mail: tle_patompong@hotmail.com

(Received: 20 December 2024; Revised: 4 April 2025; Accepted: 10 April 2025)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซานและทดสอบผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) การทดลองเริ่มจากการเตรียมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง 4 สูตร ได้แก่ 1) จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงก้างปลา 2) จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเปลือกกุ้ง 3) จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงก้างปลาและเปลือกกุ้ง และ 4) จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงไม่ใส่ก้างปลาและเปลือกกุ้ง ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (NPK) พบว่า สูตรที่ 3 มีปริมาณธาตุอาหารสูงสุด จึงนำมาผสมกับไคโตซานและแปรรูปเป็นผงด้วยวิธีฟรีซดรายน์ ทำการตรวจสอบขนาดอนุภาคของผงปุ๋ยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) พบว่า ผงปุ๋ยที่ผลิตได้มีขนาดอนุภาคประมาณ 11.50–50.69 ไมโครเมตร การทดลองปลูกข้าวดำเนินการในแปลงทดลองขนาด 35×50×10 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า ปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซาน และชุดควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) มีการฉีดพ่นปุ๋ยที่ระยะเวลา 25 50 และ 75 วัน ผลการทดลอง พบว่า ข้าวทุกชุดการทดลองมีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) การวัดการเจริญเติบโตในด้านความสูงและการแตกกอที่อายุ 25 50 และ 75 วัน ส่วนใหญ่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 95 วัน พบว่า องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่

จำนวนเมล็ดต่อรวง การแตกกอ จำนวนรวง ความยาวรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และความชื้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05) ดังนั้นการใช้ปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซาน จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกสำหรับชาวนาเพื่อเพิ่มผลผลิตและมีความปลอดภัย

คำสำคัญ: จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ไคโตซาน ข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม)

Abstract

This research aimed to study the production of powdered photosynthetic microbial biofertilizer bound with chitosan and to test its effect on the growth of rice variety 5451 (Vietnamese jasmine). The experiment began with the preparation of four photosynthetic microbial formulations: 1) photosynthetic microorganisms with fish bones 2) photosynthetic microorganisms with shrimp shells 3) photosynthetic microorganisms with both fish bones and shrimp shells and 4) photosynthetic microorganisms without fish bones and shrimp shells. Analysis of nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK) nutrient content showed that formulation 3 contained the highest nutrient levels. This formulation was mixed with chitosan and processed into powder using freeze–drying. The particle size of the produced fertilizer was measured using a Scanning Electron Microscope (SEM). The results revealed that the produced fertilizer particles measured approximately 11.50–50.69 micrometers. The rice cultivation experiment was conducted in 35×50×10 centimeters, plots using a Completely Randomized Design; CRD with 4 treatments and 3 replications, including commercial chemical fertilizer, commercial nano fertilizer, powdered photosynthetic microbial biofertilizer bound with chitosan, and control (no fertilizer). Fertilizer was sprayed at 25, 50, and 75 days. Results showed that rice in all treatments had a 100 percent survival rate with no statistically significant differences (P≥0.05). Growth measurements of height and tillering at 25, 50 and 75 days mostly showed no statistically significant differences (P≥0.05). At harvest (95 days), yield components including number of grains per panicle, tillering, number of panicles, panicle length, 100 grain weight and moisture content showed no statistically significant differences (P≥0.05). Therefore, the use of powdered photosynthetic microbial biofertilizer bound with chitosan should be another option for farmers to increase productivity and safety.

Keywords: Photosynthetic microorganisms, Chitosan, Rice variety 5451 (Vietnamese Jasmine)

บทนำ

ข้าว เป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก ให้สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตสูง ประชากรในภูมิภาคเอเชียนิยมบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่าภูมิภาคอื่นๆ (Jongjitvimol & Urtgam, 2018) และไม่ว่าจะเป็นการผลิต การบริโภค และการค้า ข้าวจึงมีศูนย์กลางอยู่ในทวีปเอเชีย ประเทศที่มีบทบาท ในการส่งออกข้าวมากที่สุด คือ ประเทศอินเดีย รองลงมา คือ ไทย เวียดนาม ปากีสถาน และสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ (ไทยพีบีเอส, 2567) และในปัจจุบันนี้ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อชาวนาและเกษตรกร คือ การใช้ปัจจัยการผลิตที่สูง เช่น ปุ๋ยเคมี สารกำจัดวัชพืช สารกำจัดเชื้อโรค และสารกำจัดแมลง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต้นทุนการทำนาสูงไม่คุ้มค่ากับราคาข้าวที่ขายได้ รวมทั้งกระทบต่อสุขภาพชีวิตชาวนาที่เสื่อมถอยลง จากสภาวะการปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม (เบญจวรรณ และคณะ, 2561) และได้มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการปลูกข้าวในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2558–2559 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานระหว่างการปลูกข้าวอินทรีย์หรือชีวภาพกับการปลูกข้าวใช้สารเคมี และการปลูกข้าวแบบทั้งสองวิธี โชษิตา (2558) ได้ศึกษาแนวคิดและเปรียบเทียบผลการดำเนินงานของการปลูกข้าวของชาวนาในจังหวัดบุรีรัมย์ พบว่า ชาวนาส่วนใหญ่ที่เลือกปลูกข้าวอินทรีย์ เนื่องจากผลทางด้านสุขภาพ และมีหน่วยงานให้การสนับสนุน ส่วนชาวนาที่ปลูกข้าวโดยใช้สารเคมีส่วนใหญ่มีแนวคิด เนื่องจากเหตุผลทางด้านผลผลิตที่สูง สำหรับผลการเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน พบว่า รายได้เฉลี่ยของการปลูกข้าวอินทรีย์ทั้งพื้นที่สูงกว่าการปลูกข้าวใช้สารเคมีและการปลูกข้าวอินทรีย์ร่วมกับข้าวใช้สารเคมี ชาลิสา และกนกเนตร (2559) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนระหว่างการปลูกข้าวเกษตรอินทรีย์กับเกษตรเคมีของเกษตรกร ตำบลบางใหญ่ อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า เกษตรกรที่ปลูกข้าวเกษตรอินทรีย์มีต้นทุนที่ต่ำกว่าเกษตรเคมี และมีผลตอบแทนที่มากกว่าเกษตรเคมี นอกจากนี้พบว่ารายได้และต้นทุนการปลูกข้าวระหว่างเกษตรอินทรีย์และเกษตรเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และต่อมา พงศ์ศิรภพ (2559) ได้ศึกษากระบวนการเพาะปลูกข้าวเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนที่ได้รับจากการเพาะปลูกข้าว โดยการใช้สารเคมี ชีวภาพและการใช้สารเคมีผสมชีวภาพของกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดกาญจนบุรี ผลการวิจัย พบว่า การเพาะปลูกข้าวแบบใช้สารเคมีผสมชีวภาพได้ผลตอบแทนจากการเพาะปลูกที่สูงที่สุด

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ และน้ำสกัดชีวภาพ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถนำมาใช้ในเพาะปลูก เพื่อชวยเพิ่มคุณภาพผลผลิตของพืช และยังเป็นการนำวัสดุที่เหลือใช้ต่างๆ ที่มีอยู่ในพื้นที่มาทำให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงด้วย (Bumee & Srisopa, 2024) ทั้งนี้ยังพบว่า มีจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตพืชอีกชนิดหนึ่ง คือ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (Photosybthetic bacteria; PSB) เป็นแบคทีเรีย

ที่พบอยู่ตามธรรมชาติทั้งในดิน และในแหล่งน้ำ มีบทบาทสำคัญในกระบวนการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ (CO_2–assimilation) และการตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation) สามารถนำจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมาใช้เป็นอาหารสัตว์เพื่อเสริมสร้างการเจริญเติบโตได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kobayashi, 2000) ย่อยสลายอินทรียวัตถุที่เป็นพิษต่อรากพืช ทำให้พืชเจริญเติบโตเร็วขึ้นและยังเพิ่มแร่ธาตุในดินโดยการย่อยสารละลายแร่ธาตุในดินให้พืชนำมาใช้ เป็นแหล่งรวมแร่ธาตุต่างๆ ทำให้พืชมีรสชาติดี ผลผลิตสมบูรณ์ เจริญเติบโตเร็วแข็งแรง และยังทำให้รากพืชเจริญเติบโตเร็ว โดยเพิ่มโปรตีน แร่ธาตุ และกรดต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (Kaenjampa & Tengjaroenkul, 2017)

ไคโตซาน (Chitosan) เป็นอนุพันธ์ของไคติน ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ธรรมชาติที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส มีโครงสร้าง ประกอบด้วย น้ำตาลกลูโครซามิน (Glocosamine) และมีไนโตรเจนมาต่อเป็นสายยาว และเมื่อเกิดการสลายตัวจะเป็นตัวช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ไม่ละลายน้ำและตัวทำละลายทั่ว ๆ ไป แต่สามารถละลายในกรดอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 2–3% ขึ้นไป ไคโตซานสามารถสังเคราะห์ได้จากการกำจัดหมู่ Acetyl group (Deacetylation) บนโพลิเมอร์ของไคตินทำให้เกิดเป็นหมู่อะมิโน ($–NH_2$) ขึ้นแทนที่ (ระวีวรรณ และคณะ, 2559) นอกจากนี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้สารกระตุ้นไคโตซาน เช่น มีการนำไคโตซานมาใช้เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ของข้าวสาลี (Krivtsov et al., 1996) และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ด้านการเกษตร ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ (สุปราณี และคณะ, 2559) เพื่อกำจัดศัตรูพืช ใช้เป็นสารฆ่าแมลงเพื่อต่อต้านและกำจัดเชื้อรา (ศิรสิทธิ์ และพรรณี, 2559) ใช้ในการปรับสภาพดินเพื่อเพิ่มความพรุนในดิน (อนัสรูล และคณะ, 2565) ใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช และใช้ในการรักษาคุณภาพผลผลิตทางการเกษตร (ภคพล และคณะ, 2560) โดยการนำไคโตซานไปเคลือบผิวของผักและผลไม้ (สุพัตรา, 2563) นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถจับตัวเป็นไฟเบอร์หรือเป็นเยื่อบางๆ ที่สามารถเคลือบติดกับผิวของผักและผลไม้ได้ (ธิดารัตน์ และสัญญา, 2553)

ในประเทศไทยข้าวแต่ละสายพันธุ์ก็มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคและเกษตรกรที่แตกต่างกัน หนึ่งในพันธุ์ข้าวที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน คือ ข้าวพันธุ์ 5451 ซึ่งไม่ได้เป็นเพียงแค่ข้าวเจ้าธรรมดา แต่เป็นผลผลิตจากการพัฒนาสายพันธุ์ที่ตอบโจทย์ความท้าทายในยุคสมัยที่สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และความต้องการบริโภคที่หลากหลายเนื่องจากมีรสชาตินุ่มละมุนลิ้น และจุดเด่นที่สำคัญและเป็นที่ชื่นชอบของเกษตรกร คือ อายุเก็บเกี่ยวที่สั้นเพียง 95–100 วัน เท่านั้น ทำให้เกษตรกรสามารถปลูกข้าวได้หลายรอบต่อปี เพิ่มผลผลิตและรายได้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสิ่งที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งของข้าวพันธุ์ 5451 คือ ความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้ดี ทำให้

เกษตรกรมีความมั่นใจมากขึ้นในการเพาะปลูก แม้จะต้องเผชิญกับสภาพอากาศที่แปรปรวน ทั้งภาวะแห้งแล้ง หรือฝนตกหนักเกินไป ข้าวพันธุ์นี้ก็ยังสามารถให้ผลผลิตที่ดีได้ในระดับหนึ่ง นี่คือเกราะป้องกันความเสี่ยงที่ช่วยลดความเสียหายต่อผลผลิต และสร้างความมั่นคงทางอาหารให้กับชุมชน และยังมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมเกษตรกรรมยั่งยืนด้วยอายุเก็บเกี่ยวที่สั้น เกษตรกรสามารถวางแผนการเพาะปลูกพืชหมุนเวียนได้ง่ายขึ้น ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน ลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมี และส่งเสริมระบบนิเวศทางการเกษตรที่ดี ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่น ทั้งในด้านรสชาติ อายุเก็บเกี่ยว และความสามารถในการปรับตัว เชื่อได้ว่าข้าวพันธุ์นี้จะยังคงมีบทบาทสำคัญในการสร้างความมั่นคงทางอาหาร และยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรไทยต่อไปในอนาคต การศึกษาและพัฒนาสายพันธุ์อย่างต่อเนื่องจะช่วยให้ข้าวพันธุ์ 5451 สามารถเผชิญกับความท้าทายใหม่ๆ และยังคงเป็นอัญมณีแห่งความรวดเร็วและนุ่มละมุนบนผืนนาไทยได้อย่างยั่งยืน (พอง ญ่า เอกซ์พลอเรอร์, 2568)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการผลิตปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซานและทำให้เป็นผงด้วยวิธีการฟรีซดรายน์ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้วยเครื่อง SEM และการนำไปประยุกต์ใช้โดยการทดสอบการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) โดยฉีดพ่นต้นข้าวที่ระยะเวลา 25 50 และ 75 วัน เปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า และชุดควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) ซึ่งการผลิตปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซานจะใช้วิธีเอนแคปซูเลชันกับไคโตซานที่มีความจำเพาะสามารถจับกันได้อย่างพอดี เนื่องจากคุณสมบัติของหมู่อนุพันธ์ที่เหมาะสมกันและเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในทางการเกษตร โดยสามารถเพิ่มเสถียรภาพของสารหรือจุลินทรีย์ระหว่างการขนส่งสู่เป้าหมาย เพิ่มความสามารถในการละลายและดูดซึม จึงทำให้เพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) พร้อมยังช่วยเสริมสร้างความปลอดภัยให้แก่ผู้ผลิตและผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียม และการวิเคราะห์ธาตุอาหารของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

1.1 การเตรียมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

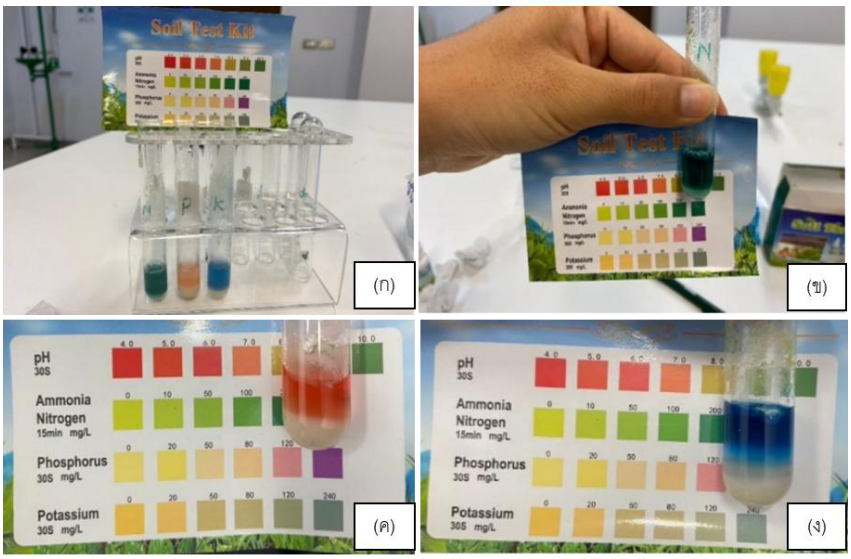
วิธีการเตรียมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ชั่งก้างปลา 10 กรัม เปลือกกุ้ง 10 กรัม กะปิ 50 กรัม ผงชูรส 32 กรัม ไข่ไก่ 150 มิลลิลิตร เปลือกไข่บด 50 กรัม คนส่วนผสมให้เข้ากัน ใส่ภาชนะ จากนั้นนำไปตากแดดไว้ 15 วันหรือจนกว่าจะเปลี่ยนเป็นสีแดง โดยจัดทำด้วยกันทั้งหมด 4 สูตร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรการทำจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

สูตรจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง	ก้างปลา 10 กรัม	เปลือกกุ้ง 10 กรัม	กะปิ 50 กรัม	ผงชูรส 32 กรัม	ไข่ไก่ 150 มิลลิลิตร	เปลือกไข่บด 50 กรัม
1	✓	–	✓	✓	✓	✓
2	–	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	–	–	✓	✓	✓	✓

1.2 การวิเคราะห์ธาตุอาหารของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

นำจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทั้ง 4 สูตร มาวิเคราะห์หาธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม (NPK) ด้วยชุดทดสอบ Soil test kit โดยการเตรียมหลอดทดลอง 12 หลอด แบ่งเป็น 4 ชุด ๆ ละ 3 หลอด ตวงน้ำจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงลงในหลอดทดลองสูตรละ 1 ชุด ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นหยดสารทดสอบ NPK ลงในหลอดทดลองที่ใส่น้ำจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงธาตุอาหารละ 1 หลอด ปริมาตร 2 หยด เขย่าทิ้งไว้ประมาณ 5–30 นาที อ่านค่าที่ได้โดยเทียบสีสารละลายกับตารางเทียบแถบสี ดังภาพที่ 1 หน่วยที่แสดงจากการวัด คือ มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) และเลือกจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสูตรที่มี NPK สูงที่สุดเพื่อทำการทดลองในลำดับต่อไป



ภาพที่ 1 การอ่านผลการวิเคราะห์ธาตุอาหาร NPK ด้วยชุดทดสอบ Soil test kit (ก) แสดงปริมาณธาตุอาหาร NPK (ข) ปริมาณของไนโตรเจน (N) (ค) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) และ (ง) ปริมาณโพแทสเซียม (K)

2. การผลิตปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซาน

2.1 การเตรียมไคโตซานเพื่อจับกับจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

ชั่งสารละลายไคโตซาน 0.15 กรัม ละลายในกรดอะซิติก 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเติมลงไปในเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสูตรที่มี NPK สูงที่สุด 990 มิลลิลิตร แล้วนำไป Sonicate 1 นาที บนอ่างน้ำแข็ง จากนั้นนำไปกวนด้วยเครื่อง Magnetic stirrer นาน 4 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อตกตะกอนที่ความเร็ว 7,000 รอบต่อนาที 15 นาที แล้วนำเฉพาะของเหลวใสชั้นบนไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จะได้อนุภาคนาโนส่วนใสแล้วเติม Potato starch 5 เปอร์เซ็นต์ ลงไป

2.2 การผลิตปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงด้วยวิธีฟรีซดรายน์

ทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงด้วยวิธีฟรีซดรายน์ โดยใช้บีกเกอร์ ขนาด 2,000 มิลลิลิตร บรรจุน้ำเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ผ่านการเตรียมสารเคลือบปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องระเหยสุญญากาศเพื่อทำให้ตัวทำละลายเหลือน้อยนาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาต่อกับเครื่อง Vacuum Freeze–drying machine กระแสไฟฟ้า 230 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ แรงดัน 26.50 ปาสกาล อุณหภูมิ –45 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง (Reddy et al, 2009) เมื่อได้ผงปุ๋ยนาโนแล้วให้นำไปบรรจุถุงซิปทนความเย็น แล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อรอนำไปวิเคราะห์และการใช้งานในลำดับต่อไป

3. การศึกษาอนุภาคผงปุ๋ยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM)

นำผงปุ๋ยมาศึกษาอนุภาคด้วยเทคนิค SEM โดยทำการติดเทปคาร์บอนสองหน้าบนแท่นชิ้นงาน ตักตัวอย่างใส่ภาชนะ แล้วคว่ำแท่นชิ้นงานที่ติดเทปคาร์บอนสองหน้าให้ผิวหน้าของเทปคาร์บอนสัมผัสกับอนุภาคและใช้ลูกยางเป่าส่วนที่ไม่ติดออกไป จากนั้นนำไปถ่ายภาพด้วยกล้อง SEM

4. การทดสอบการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม)

ทำการทดสอบการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) โดยในการเตรียมการทดลองจะเปรียบเทียบผลของปุ๋ยชีวภาพ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่จับกับไคโตซานกับการใช้ปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า และชุดควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) หลังจากที่เพาะต้นกล้าได้ 15 วัน จึงทำการย้ายต้นกล้าใส่แปลงปลูกพลาสติกขนาด 35×50×10 เซนติเมตร โดยลงต้นกล้ากระถางละ 6 ต้น ดังภาพที่ 4 เมื่อต้นกล้าครบ 25 วัน จึงทำการฉีดปุ๋ยครั้งที่ 1 และเมื่อครบ 50 วัน จึงทำการฉีดปุ๋ย ครั้งที่ 2 และฉีดปุ๋ยครั้งสุดท้ายเมื่อข้าวอายุครบ 75 วัน (ต้นข้าวออกรวง) (ใช้ปุ๋ยอัตราส่วน

5 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร) และทำการฉีดสารชีวภัณฑ์เพื่อกำจัดเพลี้ยและโรคในข้าวทุกสัปดาห์หลังฉีดปุ๋ย

นำเมล็ดข้าวพันธุ์ 5451 ที่ซื้อมาจากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวกำแพงเพชร ทำการแช่ไว้จนเกิดตุ่มราก จากนั้นทำการเพาะต้นกล้าในถาดและรดน้ำเช้า–เย็น เมื่อครบเวลา 15 วัน จึงทำการย้ายแปลง วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยใส่ดินลงในแปลงทดลอง แปลงละ 2 กิโลกรัม จากนั้นเลือกต้นกล้าที่มีความสูงและปริมาณใบ 2 ใบเท่าๆ กัน จำนวน 6 ต้น ปลูกลงในแปลงขนาด 35×50×10 เซนติเมตร โดยเว้นระยะห่างแต่ละต้นประมาณ 10 เซนติเมตร ดูแลรดน้ำ โดยให้มีน้ำขังอยู่ในแปลงตลอดเวลา จากนั้นทำการใส่ปุ๋ยรอบละ 5 กรัม/ลิตร โดยใส่ปุ๋ยรอบแรกเมื่อข้าวอายุครบ 25 วัน รอบที่ 2 เมื่อข้าวอายุครบ 50 วัน และรอบที่ 3 เมื่อข้าวอายุครบ 75 วัน บันทึกอัตราการรอดตาย ความสูงของต้นข้าว การแตกกอ จากนั้นเมื่อข้าวมีอายุครบ 95 วัน ทำการบันทึกจำนวนเมล็ดต่อรวง การแตกกอ จำนวนรวงข้าว วัดความยาวของรวงข้าว น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด และความชื้น โดยเปรียบเทียบกับปุ๋ยทางการค้า 2 ชนิด และชุดควบคุม

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-way ANOVA และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DUNCAN ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \geq 0.05$)

ผลการวิจัย

1. ผลการเตรียม และการวิเคราะห์ธาตุอาหารของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

ผลการเตรียมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทั้งหมด 4 สูตร พบว่า ทุกสูตรเปลี่ยนเป็นสีแดงในเวลา 18 วัน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร NPK ด้วยชุดทดสอบ Soil test kit พบว่า สูตร 3 ก้างปลาและเปลือกกุ้งมีปริมาณ NPK สูงที่สุด โดยที่ N เท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ P เท่ากับ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณ K เท่ากับ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 4 ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ดังตารางที่ 2

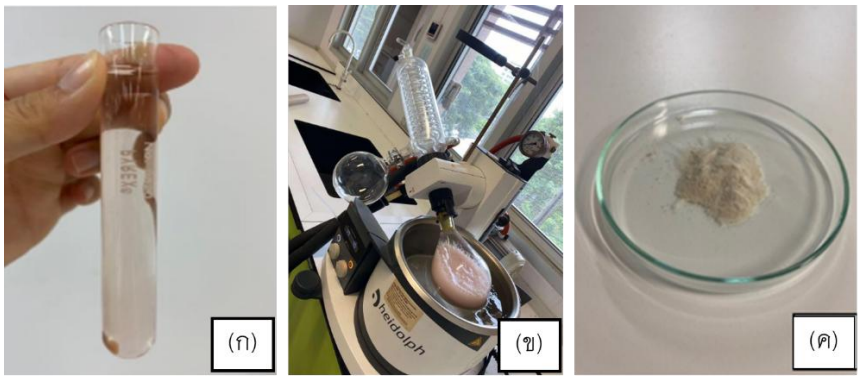
ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์หาธาตุอาหาร NPK ของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทั้ง 4 สูตร ด้วยชุดทดสอบ Soil test kit

สูตรจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง	ปริมาณ N (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณ P (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณ K (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	200[b]	80[b]	200[a]
2	200[b]	80[b]	200[a]
3	500[a]	120[a]	240[a]
4	100[b]	80[b]	100[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \geqslant 0.05$)

2. ผลการผลิตปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซาน

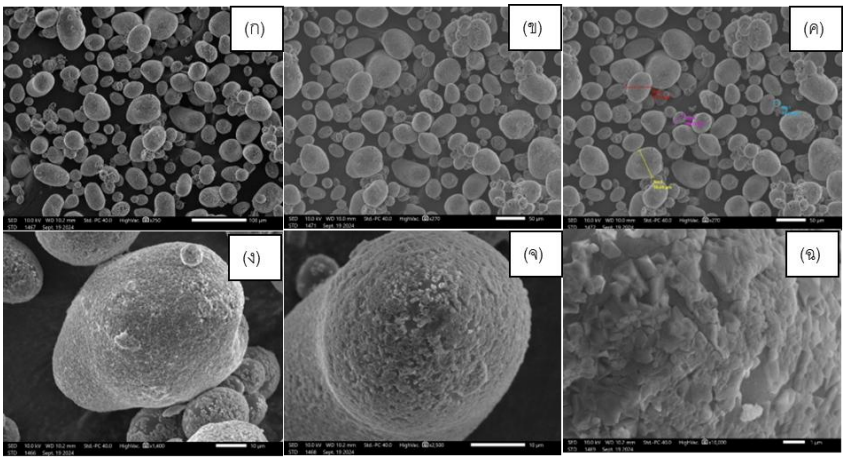
ผลการเตรียมไคโตซานเพื่อจับกับปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง โดยการนำสารละลายไคโตซานที่ละลายในกรดอะซิติก ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติม เชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ผ่านการ Centrifuge นำเฉพาะส่วนใส 990 มิลลิลิตร เติม Potato starch 5 เปอร์เซ็นต์ ลงไป นำไปเข้าเครื่องระเหยสุญญากาศ และทำการฟรีซดรายน์ จะได้เป็นผงปุ๋ยนาโนไคโตซานน้ำหนักสุทธิ 46 กรัม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (ก) ผ่านการ Centrifuge (ข) ผ่านการนำเข้าเครื่องระเหยสุญญากาศ และ (ค) ผงปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่จับกับไคโตซานที่ได้จากการทำฟรีซดรายน์

3. ผลการศึกษาอนุภาคผงปุ๋ยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการศึกษาอนุภาคด้วยเทคนิค SEM หลังจากที่ทำ การฟรีซดรายน์จนได้เป็นผง แล้วนำเข้าเครื่อง SEM เพื่อตรวจวัดอนุภาค พบว่า อนุภาคที่ได้มีขนาดแตกต่างกัน ดังภาพที่ 3(ก–ข) จากการสุ่มตัวอย่างอนุภาคเพื่อวัดขนาด จำนวน 4 เม็ด พบว่า มีขนาดตั้งแต่ 11.50 41.77 50.69 และ 23.73 ไมโครเมตร ดังภาพที่ 3(ค) และจากการศึกษาพื้นผิวอนุภาคด้านกำลังขยายสูง พบว่า มีลักษณะขรุขระ เกาะกันเป็นเกล็ดไม่เรียบเนียน และมีรอยแยก ดังภาพที่ 3(ง–ฉ)



ภาพที่ 3 ภาพ SEM ของปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่จับกับไคโตซาน (ก) กำลังขยาย 250x (ข) กำลังขยาย 270x (ค) การสุ่มวัดขนาดอนุภาค (ง) ลักษณะพื้นผิวและการตกผลึกที่กำลังขยาย 1,400x (จ) ลักษณะพื้นผิวและการตกผลึกที่กำลังขยาย 2,500x และ (ฉ) ลักษณะพื้นผิวและการตกผลึกที่กำลังขยาย 10,000x

4. ผลการทดสอบการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม)

ผลการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) อายุ 25 50 และ 75 วัน ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า ปุ๋ยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซาน และชุดควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) พบว่า มีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เนื่องจากขั้นตอนการแยกปลูกมีการคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์แข็งแรงที่สุด ส่วนความสูงของต้นและการแตกกอ ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) โดยปุ๋ยนาโนไคโตซานมีปริมาณการแตกกอและความสูงมากที่สุด รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า และชุดควบคุม ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า ปุ๋ยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซาน และชุดควบคุมต่ออัตราการรอดตาย และอัตราการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) ที่ 25 50 และ 75 วัน หลังการย้ายปลูก

ชุดการทดลอง	อัตราการรอดตาย (%)			ความสูงของต้น (เซนติเมตร)			การแตกกอ (ต้น)		
	25 วัน	50 วัน	75 วัน	25 วัน	50 วัน	75 วัน	25 วัน	50 วัน	75 วัน
ปุ๋ยเคมีทางการค้า	100	100	100	11.66^{b}	43.97^{b}	60.85^{b}	2.00^{a}	2.50^{a}	3.00^{b}
ปุ๋ยนาโนทางการค้า	100	100	100	9.72^{c}	33.36^{c}	51.23^{c}	1.67^{a}	1.83^{b}	2.17^{ab}
ปุ๋ยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซาน	100	100	100	13.77^{a}	48.72^{a}	67.74^{a}	3.50^{a}	4.33^{a}	5.50 ^{a}
ชุดควบคุม	100	100	100	8.16^{d}	26.20^{d}	49.22^{d}	1.50^{b}	1.50^{c}	1.67^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≥0.05)

ผลผลิตข้าวของการใช้ปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า ปุ๋ยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซาน และชุดควบคุม ต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) เมื่อครบ 95 วัน พบว่า จำนวนเมล็ดข้าวต่อรวง การแตกกอ จำนวนรวงข้าว ความยาวของรวงข้าว น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด และความชื้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05) โดยปุ๋ยนาโนไคโตซานมีจำนวนเมล็ดข้าวต่อรวง การแตกกอ จำนวนรวงข้าว ความยาวของรวงข้าว น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด มากที่สุด รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า และชุดควบคุม ตามลำดับ สำหรับความชื้นมีค่า 15 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทุกสูตร ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า และปุ๋ยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซานต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) เมื่อครบ 95 วัน

ชนิดของปุ๋ย	จำนวนเมล็ดข้าวต่อรวง	การแตกกอ	จำนวนรวงข้าว	ความยาวของรวงข้าว (เซนติเมตร)	น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด (กรัม)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
ปุ๋ยเคมีทางการค้า	87.83^{b}	3.50^{b}	3.33^{b}	14.75^{b}	2.78^{b}	15.00
ปุ๋ยนาโนทางการค้า	76.50^{c}	2.50^{c}	2.50^{c}	14.70^{c}	2.77^{b}	15.00
ปุ๋ยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซาน	96.67^{a}	6.20^{a}	6.20^{a}	16.60^{a}	3.43^{a}	15.00
ชุดควบคุม	54.50^{d}	2.20^{c}	2.17^{c}	9.80^{d}	2.17^{c}	15.00

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \geqslant 0.05$)

อภิปรายผล

จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง สูตรที่ 3 สูตรก้างปลาและเปลือกกุ้งเป็นสูตรที่ดีที่สุด เนื่องจากก้างปลามีฟอสฟอรัสสูงจากแคลเซียมฟอสเฟตในกระดูก มีไนโตรเจนจากโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบและมีแร่ธาตุอื่นๆ เช่น แคลเซียม และแมกนีเซียม (Nemati et al., 2017) สำหรับเปลือกกุ้งมีไนโตรเจนสูงจากไคติน/โปรตีน มีโพแทสเซียม แคลเซียม และแร่ธาตุอื่นๆ (จักรพงศ์ และจิรายุส, 2559) ผลของการผสมผสานจึงทำให้เกิดการเสริมฤทธิ์กันระหว่างแหล่งธาตุอาหาร ทั้งสองมีความหลากหลายของรูปแบบธาตุอาหารมากขึ้น จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการปลดปล่อยธาตุอาหารและสามารถการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงช่วยย่อยสลายวัสดุทั้งสองชนิด ทำให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ง่าย สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหารได้ดี ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิค Encapsulation ซึ่งเป็นกระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสารถูกเคลือบด้วยสารชนิดอื่น สารที่ถูกเคลือบ (Coated) หรือถูกยึดจับไว้ (Entrapped) ส่วนใหญ่จะเป็นของเหลว (de Souza et al., 2021) สารที่นำมาเคลือบจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารมีความหนืดต่ำ ที่ระดับความเข้มข้นสูง มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดอิมัลชันที่มีความเสถียรและสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารภายใต้สภาวะและช่วงเวลาที่ต้องการ สารที่นำมาใช้เคลือบนั้นจะต้องมีคุณสมบัติ

ที่สำคัญ คือ ย่อยสลายได้ เพื่อนำไปใช้สำหรับทำการเกษตรแบบยั่งยืน (Shahidi & Han, 1993; Trubiano & Lacourse, 1988)

การศึกษาพื้นผิวอนุภาคด้านกำลังขยายสูงด้วยเทคนิค SEM พบว่า ปุ๋ยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซานมีลักษณะขรุขระเกาะกันเป็นเกล็ดไม่เรียบเนียน และมีรอยแยก เนื่องจากสายพอลิเมอร์ของ Potato starch สามารถเกิดการเชื่อมขวางเป็นโครงร่างตาข่ายได้ เมื่อเกิดโครงร่างตาข่ายมาก จึงเกิดการอัดแน่นและ มีรูพรุนน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ รุ่งระวี และ สุปราณี (2562) พบว่า ปุ๋ยไฮโดรเจลที่มีอัตราส่วนระหว่างไคโตซานกับแป้งมันสำปะหลังต่างกัน มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่างกัน โดยเมื่อพิจารณาจากพื้นผิวภายนอกจะเห็นว่ามีลักษณะพื้นผิวภายนอกคล้ายคลึงกัน โดยมีลักษณะไม่ราบเรียบ มีรอยย่น เมื่อพิจารณาภาพถ่ายกำลังขยาย 10,000 เท่า พบว่า พื้นผิวขรุขระ และมีรอยแยกเล็กๆ ในบางบริเวณ

ด้วยคุณสมบัติของไคโตซานที่เป็นสารโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของไคตินที่ผ่านกระบวนการ Deacetylation สามารถย่อยสลายได้และไม่เป็นพิษ มีการนำมาใช้ควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย (Controlled release fertilizer; CRF) (Wu et al., 2008) สามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้มากเพราะโครงสร้างประกอบด้วยกลุ่มไฮดรอกซิล (Hydroxyl) และอะมิโน (Amino group) กลุ่มอะมิโนในไคโตซานมีค่า p*Ka* เท่ากับ 6.20–7.00 ฉะนั้นไคโตซานจึงมีประจุเป็นบวกการละลายน้ำจะเกิดขึ้นได้ดีในสภาวะที่ตัวทำละลายเป็นกรด (p*Ka*<6.20) (Cho et al., 1998) นอกจากนี้ยังมีรายงานการนำไคโตซานมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมทางการเกษตร (Muzzarelli et al., 1996) เมื่อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจับกับไคโตซานดีแล้วจะถูกนำไปอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งเพื่อให้กลายเป็นผง เมื่อนำไปฉีดพ่นจะมีคุณสมบัติในการย่อยสลายของเสียในดินเปลี่ยนเป็นสารอาหารที่พืชต้องการ เกิดสารประกอบคาร์บอน ไนโตรเจน และสารประกอบจำพวกซัลเฟอร์ และธาตุอาหารกลุ่มอื่นๆ (นัทธีรา และคณะ, 2024) ซึ่งจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีคุณสมบัติในการทนต่อความเค็มและกรดได้ดีทำให้การย่อยสลายของเสียเกิดขึ้นอย่างเต็มประสิทธิภาพส่งผลให้ข้าวเจริญเติบโตได้ดี เห็นได้จากการทดลองยิ่งใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงปริมาณมากยิ่งทำให้ประสิทธิภาพการผลิตดีตามไปด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Chuenmathunpaijit et al. (2021); Theerak et al. (2022) กล่าวว่า ดินมีความสำคัญในการผลิตพืชทุกชนิด ข้าวไม่ไวแสงโดยส่วนใหญ่จะเป็นข้าวอายุสั้นที่ต้องการสารอาหารในระยะเริ่มต้นสูง เพื่อพัฒนาระบบการเจริญเติบโต เนื่องจากถ้าข้าวเจริญเติบโตดี ย่อมส่งผลทำให้ผลผลิตดีตามไปด้วย จากนั้นจึงมาใช้เพิ่มคุณภาพและผลผลิตข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) ที่ปลูกในแปลงปลูกซึ่งเป็นพื้นที่จำกัด โดยวิธีการปลูกข้าวแบบนี้จะช่วยให้ประหยัดพื้นที่ สามารถปลูกได้ในพื้นที่จำกัด ให้ผลผลิตดีและมีคุณภาพไม่แพ้กับการปลูกข้าวในนา นอกจากการประหยัดพื้นที่แล้วยังเป็นการประหยัดน้ำ ปุ๋ย สามารถดูแลรักษา กำจัดวัชพืช ศัตรูพืช ด้วยระบบอินทรีย์ได้ง่าย สามารถ

ปลูกข้าวได้ตามต้องการ ไม่ต้องเพาะปลูกตามฤดูกาล สามารถปลูกข้าวได้หลายรุ่นเหมาะกับการปลูกข้าวในระดับครัวเรือนตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงลดค่าใช้จ่ายภายในครัวเรือน สามารถควบคุมคุณภาพผลผลิตได้เป็นอย่างดี (เจตนิพิฐ, 2555) โดยข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) (ซึ่งเป็นข้าวมีสีชนิดไม่ไวแสง สามารถปลูกได้หลายครั้งต่อปีในพื้นที่จำกัด)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการผลิตปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซานจากการทดสอบสูตรต่างๆ พบว่า สูตรที่ผสมก้างปลาและเปลือกกุ้งให้ปริมาณธาตุอาหาร NPK สูงที่สุด โดยมีค่าไนโตรเจน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัส 120 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพแทสเซียม 240 มิลลิกรัมต่อลิตร การเตรียมปุ๋ยด้วยกระบวนการผสมไคโตซานและทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งได้ผงปุ๋ยน้ำหนัก 46 กรัม เมื่อวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ SEM พบว่า อนุภาคมีขนาดประมาณ 11.50–50.69 ไมโครเมตร มีพื้นผิวขรุขระเป็นเกล็ด และมีรอยแยก ผลการทดสอบประสิทธิภาพกับข้าวพันธุ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) โดยเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า และชุดควบคุม พบว่า ข้าวมีอัตราการรอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ด้านการเจริญเติบโต พบว่า ความสูงของต้นและการแตกกอไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) โดยปุ๋ยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชนิดผงที่จับกับไคโตซานมีแนวโน้มให้ค่าสูงสุด รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมีทางการค้า ปุ๋ยนาโนทางการค้า และชุดควบคุม ตามลำดับ สำหรับองค์ประกอบผลผลิตที่อายุ 95 วัน ได้แก่ จำนวนเมล็ดต่อรวงการแตกกอ จำนวนรวงข้าว ความยาวของรวงข้าว และน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ทุกทรีตเมนต์มีความชื้นของเมล็ดข้าวเท่ากันที่ 15 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ปุ๋ยจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่จับกับไคโตซานมีความเหมาะสมในการช่วยการเจริญเติบโตของข้าวพันธ์ 5451 (มะลิเวียดนาม) และสามารถนำไปใช้กับข้าวชนิดอื่นๆ ได้ และยังเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหลับชาวนาเพื่อเพิ่มผลผลิตและมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่อนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จักรพงศ์ วรสาร, และจิรายุส บุตรพรหม. (2559). **ผลของไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้งต่อการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 41** (รายงานการวิจัย). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

เจตนิพิฐ ปานเพชร. (2555). **วิธีการทำนาบก**. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2567, จาก http://www.rakbankerd.com

ชาลิสา สุวรรณกิจ, และกนกเนตร เปรมปรี. (2559). การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนระหว่างการปลูกข้าวเกษตรอินทรีย์กับเกษตรเคมี. **Veridian E-Journal, Silpakorn University, 9**(2), 519-526.

โชษิตา เปสตันย์. (2558). **งานวิจัยการศึกษาแนวคิดและเปรียบเทียบผลการดำเนินงานของการปลูกข้าวอินทรีย์และการปลูกข้าวใช้สารเคมีในอำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ไทยพีบีเอส. (2567). **ตลาดข้าวโลกป่วน หลังอินเดียคัมแบ็ค ไทยเบอร์ 2 ส่งออกข้าว .** สืบค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2568, จาก https://www.thaipbs.or.th/news/content/345991

นัทธีรา สรรมณี, ปิยกมล อาจจินดา, และกมลชนก พานิชการ. (2024). อิทธิพลของกระบวนการหมักต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม. **PSRU Journal of Science and Technology, 8**(1), 1–12.

เบญจวรรณ ชิวปรีชา, นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น, และเกศราภรณ์ จันทร์ประเสริฐ. (2561). **โครงการเปรียบเทียบสมบัติบางประการของข้าวจากนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมี** (รายงานการวิจัย). ชลบุรี: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

พงศ์ศิรภพ ทองดีรวิสุรเกตุ. (2559). **การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการปลูกข้าวของกลุ่มเกษตรก ในจังหวัดกาญจนบุรี** (รายงานการวิจัย). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

พอง ญ่า เอกซ์พลอเรอร์. (2568). ข้าวพันธุ์ 5451 คือข้าวอะไร. สืบค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2568, จาก https://th.phongnhaexplorer.com

ภคพล สุราจร, พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง, กษิดิ์เดช ธีรนิตยาธาร, และศุภชัย อำคา. (2560). การให้ไคโตซานเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต และปริมาณสารทุติยภูมิในอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3. **แก่นเกษตร, 45**(1), 224-229.

ระวีวรรณ สุวรรณศรี, กิตติ บุญเลิศนิรันดร์, สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์, และละอองศรี ศิริเกษร. (2559). **ผลของไคโตซานและไทอะมีโทแซมต่ออายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเทียนบ้านเกาะ** (รายงานการวิจัย). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

รุ่งระวี ศิริบุญนาม, และสุปราณี แก้วภิรมย์. (2562). ผลของกลูตารัลดีไฮด์และแป้งมันสำปะหลังต่อสมบัติและการปลดปล่อยฟอสฟอรัสของปุ๋ยไคโตซานไฮโดรเจล. **WICHCHA JOURNAL, 38**(2), 42-56.

ศิรสิทธิ์ ศรีนวลปาน, และพรรณี อัศวตรีรัตนกุล. (2559). ผลของไคโตซานต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและการต้านทานโรคใบไหม้ในข้าวสังข์หยดพัทลุง. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 10**(2), 114-124.

สุปราณี งามประสิทธิ์, ยุวดี อินจันทร์, และกิ่งกานท์ พานิชนอก. (2559). ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยไคโตซานและแบคทีเรีย KPS46 ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตฝักสดของข้าวโพดหวาน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47**(2), 521-524.

สุพัตรา เสถียรธีราภาพ. (2563). **ผลของการใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา.** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อนัสรูล บากา, จักรกฤษณ์ พูนภักดี, ขวัญตา ขาวมี, และจำเป็น อ่อนทอง. (2565). การใช้ไคโตซานและปุ๋ยเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตผลผลิต และสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชัน. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 27**(3), 1697–1714.

Bumee, R., & Srisopa, A. (2024). THE EFFECT OF DIFFERENT MICROBES ON THE CHEMICAL PROPERTIES AND THE MACRONUTRIENT CONTENTS IN LADY FINGER SHOOTS BIO–EXTRACT FERMENTATION. **PSRU Journal of Science and Technology, 9**(2), 83–94.

Cho, Y., No, H.K., & Meyers, S.P. (1998). Physicochemical characteristics and function properties of various commercial chitin and chitosan products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46**(9), 3839–3843.

Chuenmathunpaijit, C., Malumpong, C., Thongjoo, C., Chutteang, C., & Romkaew, J. (2021). Effect of high temperature at reproductive stage on seed set, yield and yield components of rice. **RMUTSB Academic Journal, 9**(1), 1–13.

de Souza, E.J.D., Kringel, D.H., Dias, A.R.G., & da Rosa Zavareze, E. (2021). Polysaccharides as wall material for the encapsulation of essential oils by electrospun technique. **Carbohydrate Polymers, 265**, 118068.

Jongjitvimol, T., & Urtgam, S. (2018). LANDRACE RICE IN PHITSANULOK PROVINCE. **PSRU Journal of Science and Technology, 4**(1), 19–27.

Kaenjampa, P., & Tengjaroenkul, B. (2017). Photosynthetic bacteria**. Khon Kaen University Journal**, **2**(4), 1–15.

Kobayashi, M. (2000). **Waste Remediation and Treatment Using Anoxygenic Phototropic Bacteria**, 1269–1282. Doi: 10.1007/0–306–47954–0_62.

Krivtsov, G.G., Loskutova, N.A., Konyukhova, N.S., Khorkov, E.I., Kononenko, N.V., & Vanyushin, B.F. (1996). Effect of chitosan elicitors on wheat plants. Biot. **Bulletin of the Russian Academy of Sciences, 23**(1), 16–21.

Muzzarelli, R.A.A., Terbojevich, M., & Cosani, A. (1996). Unspecific activities of lipases and amylases on chitosans. **In Chitin Enzymology**, **2**, 69–82.

Nemati, M., Huda, N., & Ariffin, F. (2017). Development of Calcium Supplement from Fish Bone Wastes of Yellowfin Tuna (Thunnus albacares) and Characterization of Nutritional Quality. **International Food Research Journal, 24**(6), 2419–2426.

Reddy, K.B.P.K., Awasthi, S.P., Madhu, A.N., & Prapulla, S.G. 2009. Role of cryoprotectants on the viability and functional properties of probiotic lactic acid bacteria during freeze drying. **Food Biotechnol, 23**, 243–265.

Shahidi, F., & Han, X.Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. **Food Science and Nutrition, 33**(6), 501–547.

Theerak, W., Sumranram, W., & Chanchula, N. (2022). Suitability study of indigenous rice varieties for promoting cultivation in Pathum Thani Province. **RMUTSB Academic Journal, 10**(1), 89–97.

Trubiano, P.C., & Lacourse, N.L. (1988). Emulsion–stabilizing starches: Use in flavour encapsulation. In: Risch, S.J., & Reineccius, G.A. (Eds), Flavour Encapsulation. Washington D.C.: ACS Symposium Series 370. **American Chemical Society, 6**(370), 45–54.

Wu, L., Liu, M., & Liang, R. (2008). Preparation and properties of a double–coated slowrelease NPK compound fertilizer with superabsorbent and water–retention. **Bioresouce Technology**, **99**, 547–554.