

ผลของสารกระตุ้นชีวภาพจากสาหร่ายน้ำจืดต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศพันธุ์ราชินีในโรงเรือน
Effects of Bio-stimulants from Freshwater Algae on Growth of Cherry Tomato in Greenhouse

สุรชาติ สินวรรณ ทิพาวรรณ วรรณขันธ์ และณัฐบดี วิริยวัฒน์*

Surachat Sinworn, Tipawan Wanakun and Nuttabodee Viriyawatana*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพฯ 10700

Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok, Thailand 10700

*Corresponding author: nutta_v@hotmail.com

**ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0447-943X>

Abstract

Received: July 21, 2025

Revised: May 29, 2026

Accepted: June 11, 2026

This study aimed to investigate the effects of freshwater algal extract as a biostimulant on the growth and yield of cherry tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivated under controlled greenhouse conditions subjected to heat stress (35.0–39.0°C). The experiment was conducted in a closed greenhouse with full sunlight exposure and restricted ventilation to simulate high-temperature stress conditions. A randomized complete block design (RCBD) was employed with four treatments and three replications. The treatments consisted of (1) distilled water as the control (T0), (2) 5 mL algal extract per 1,000 mL water (T1), (3) 10 mL algal extract per 1,000 mL water (T2), and (4) 15 mL algal extract per 1,000 mL water (T3). All treatments received a basal chemical fertilizer (15-15-15) at a rate of 15 g per 20 L of water, applied every three days. Growth and yield parameters were recorded, including plant height, root length, number of flower clusters per plant, number of fruits per cluster, and total number of fruits per plant. Data were collected from 20 plants per subplot. Leaf chlorophyll content and leaf nitrogen concentration were measured using six leaves per plant. Observations were conducted at 15-day intervals after transplanting (15, 30, 45, and 60 days). Total soluble solids (TSS) was determined at 80 days after transplanting. At harvest, fruit samples were analyzed for amino acid content using an in-house method based on AOAC (1989), and for essential nutrients (N, P, K) using an in-house method based on AOAC (2019). Foliar application of the algal biostimulant was performed four times: at 20 days after transplanting, at the early flowering stage, at the early fruit set stage, and 10 days after the third application. The results demonstrated that treatment T2 significantly ($p<0.05$) outperformed all other treatments across all measured parameters. The highest mean plant height (103.9 ± 2.7 cm), root length at 45 days after transplanting (26.7 ± 1.1 cm), total fruit number per plant (807.0 ± 3.8 fruits), total soluble solids ($9.00\pm0.00^\circ\text{Brix}$), and leaf chlorophyll content (39.9 ± 0.4 SPAD) were observed under T2. This was followed by T3 and T1, while the control (T0) showed the lowest performance, with all parameters

being approximately 1.5–1.6 times lower. In conclusion, foliar application of freshwater algal extract at 10 mL per 1,000 mL (T2) represents the optimal concentration for enhancing the growth performance and yield of cherry tomato under heat stress conditions.

Keywords: biostimulants, spirogyra extract, tomato

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากสาหร่ายน้ำจืดในการออกฤทธิ์เป็นสารกระตุ้นชีวภาพในการต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศพันธุ์ราชินีในโรงเรือนปิดที่มีสภาวะความเครียด เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิ 35.0–39.0°C) โดยการปลูกในบริเวณโรงเรือนที่มีการเปิดรับแสงแดดเต็มที่ตลอดวันและปิดระบบระบายอากาศในโรงเรือนโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) เป็น 4 ดำรับการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) น้ำเปล่า (control) (T0) 2) สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 5 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T1) 3) สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 10 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T2) 4) สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 15 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T3) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 15 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ให้ทุก 3 วันต่อครั้ง โดยบันทึกข้อมูลความสูงของต้นมะเขือเทศพันธุ์ราชินี ความยาวรากของต้นมะเขือเทศ จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนผลต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น โดยบันทึกผลจำนวน 20 ต้นต่อแปลงย่อย ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศและปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศโดยใช้จำนวน 6 ใบต่อต้น จำนวนผลต่อต้น บันทึกผลทุก 15 วันหลังวันย้ายปลูก มะเขือเทศอายุ 15, 30, 45 และ 60 วัน และมีการวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยใช้ผลมะเขือเทศเมื่ออายุ 80 วันหลังย้ายปลูก จากนั้นเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมด นำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนตามวิธีการ In-house Method Based on AOAC (1989) และธาตุอาหารสำคัญแก่พืชประกอบด้วยไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธี In-house

Method Based on AOAC (2019) ผลการทดลองเมื่อฉีดสารกระตุ้นชีวภาพจากการสังเคราะห์สาหร่ายน้ำจืดที่มีการฉีดพ่น จำนวน 4 ครั้ง ในช่วง 20 วันหลังปลูก (การฉีดพ่นครั้งแรก) ฉีดพ่นครั้งที่สองในระยะเริ่มติดดอก ฉีดพ่นครั้งที่สามในระยะเริ่มติดผล และฉีดพ่นครั้งที่สี่ในระยะ 10 วันหลังจากการฉีดพ่นครั้งที่สาม โดยพบว่าดำรับการทดลอง T2 ให้ค่าเฉลี่ยผลการทดลองที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในส่วนความสูงของต้นเฉลี่ยเท่ากับ 103.9 ± 2.7 ซม. ความยาวรากของต้น 45 วันหลังปลูกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.7 ± 1.1 ซม. จำนวนผลผลิตต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 807.0 ± 3.8 ผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศราชินีเฉลี่ยเท่ากับ $9.00 \pm 0.0^\circ\text{brix}$ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเฉลี่ยเท่ากับ 39.9 ± 0.4 SPAD รองลงมาคือ ดำรับการทดลอง T3 ตามมาด้วยดำรับการทดลอง T1 และสูงกว่าดำรับการทดลอง T0 ผลการตอบสนองทุกพารามิเตอร์ค่าที่สุด อยู่ในช่วง 1.5–1.6 เท่า ดังนั้น การฉีดพ่นตามอัตราส่วนของดำรับการทดลอง T2 สามารถทำให้การเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศและเพิ่มผลผลิตมะเขือเทศพันธุ์ราชินีได้ดี

คำสำคัญ: สารกระตุ้นชีวภาพ สาหร่ายน้ำจืด มะเขือเทศ

บทนำ

การพัฒนาและปรับปรุงสารกระตุ้นชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช กลายเป็นสิ่งสำคัญต่อเกษตรกรที่ต้องใช้ดูแลพืช เนื่องจากสภาพแวดล้อมในปัจจุบันมีปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียดต่าง ๆ จาก

ธรรมชาติซึ่งทำให้การเจริญเติบโตของพืชช้าลง โดยเฉพาะอากาศที่มีความร้อนเพิ่มขึ้นของโลกซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงกับการเกษตรและแหล่งน้ำ ส่งผลเสียต่อกิจกรรมทางการเกษตรอย่างมาก เช่น พื้นที่ขาดความชุ่มชื้น พืชขาดน้ำ พืชชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำ รวมถึงปริมาณลดลง ทำให้ต้องมีการพัฒนาสารที่มีบทบาทเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตให้พืชยังสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ ภายใต้สภาพแวดล้อมนั้น ๆ โดยมะเขือเทศพันธุ์ราชินีเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกากลางและอเมริกาใต้ โดยแหล่งที่พบมักอยู่บนภูเขาที่สูงกว่า 2,000 เมตร จึงเป็นพืชที่ต้องการอากาศค่อนข้างเย็นในการติดผล (Chetelat *et al.*, 2009) หลังจากนั้นมะเขือเทศแพร่กระจายไปยังเขตอบอุ่นในทวีปยุโรป อเมริกาเหนือ และเอเชีย ผ่านการค้าเลือกและปรับปรุงพันธุ์จนกลายเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ และปลูกกันอย่างแพร่หลายมาเป็นระยะเวลายาวนาน (Beeby and Evans, 2025) ดังนั้นพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์ราชินีที่นำมาปลูกในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ ซึ่งมีอากาศค่อนข้างร้อนเกือบตลอดทั้งปี จึงประสบปัญหาดอกร่วงไม่ติดผลเนื่องจากอุณหภูมิสูงเกินไป และพบการเข้าทำลายของศัตรูพืชอย่างรุนแรง (Furtak and Wolińska, 2023) อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยโดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีช่วงอากาศเย็นในฤดูหนาวพอที่จะปลูกมะเขือเทศให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีเช่นกัน แต่จะต้องเลือกพันธุ์ปลูกที่สามารถปรับตัวได้ดีและเข้าใจวิธีการจัดการให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นนั้น ๆ (Tepe *et al.*, 2022)

สภาพอากาศในประเทศไทยส่วนใหญ่ค่อนข้างเป็นอากาศที่ร้อนจึงทำให้เป็นปัญหาต่อเกษตรกรในการปลูกมะเขือเทศพันธุ์ราชินี เนื่องจากมะเขือเทศต้องการภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิกลางวันเหมาะสมที่ 25–30°C และกลางคืน 16–20°C และธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในสัดส่วนที่เหมาะสมตามระยะการเจริญเติบโตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี ถ้าไม่มีการจัดการ

สภาพแวดล้อมในการปลูกให้เหมาะสมก็อาจเกิดปัญหาความเครียดจากสภาพแวดล้อมต่อมะเขือเทศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ สารกระตุ้นชีวภาพประเภทต่าง ๆ กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชผลโดยสามารถลดต้นทุนการผลิตเพื่อสร้างรายได้เสริมสารกระตุ้นชีวภาพ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่ได้จากสาหร่ายทะเล *Ascophyllum nodosum* อุดมไปด้วยสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช เช่น ไซโตไคนิน (ประมาณ 10–200 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) และออกซิน (ประมาณ 5–50 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ ยังมีเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) (ประมาณ 0.5–3.2 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน) และโปรตีเอส (protease) (ประมาณ 0.2–1.5 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน) โปรตีนไฮโดรไลซ์ (ประมาณ 2–8% ของน้ำหนักแห้ง) และธาตุขนาดเล็กบางชนิดในระดับ 0.1–2% น้ำหนัก/ปริมาตร สำหรับธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม การฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพทางใบช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโตของทรงพุ่ม การสังเคราะห์แสง จำนวนผลต่อต้น และผลผลิตต่อผล การฉีดพ่นไบโอไซม์ซึ่งเป็นสารชีวภาพกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ที่มีองค์ประกอบของเอนไซม์ กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช ออกซิน (Auxin) ไซโตไคนิน (Cytokinin) และจิบเบอเรลลิน (Gibberellin) ใช้กับมะเขือเทศปริมาณ 2 มิลลิลิตรต่อลิตร ธาตุอาหารรองและจุลธาตุร่วมกับปุ๋ยทั่วไปทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Fathi, 2022)

นอกจากนี้ สารกระตุ้นชีวภาพ (bio-stimulants) ที่พัฒนาจากสาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทยก็มีศักยภาพเช่นกันในการลดความเครียดของพืช โดยเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ แม้ในสภาวะความเครียดทั้งทางชีวภาพและอชีวภาพ และยังช่วยลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มความยั่งยืนของระบบการผลิตทางการเกษตรและพืชสวน

รวมถึงปรับปรุงคุณภาพและปริมาณอาหารสำหรับประชากรโลกที่กำลังเติบโตอย่างต่อเนื่อง (Shahrajabian *et al.*, 2021) สาหร่ายน้ำจืดมีสารอาหารหลากหลายชนิด เช่น โปแทสเซียม (1.14% น้ำหนัก/ปริมาตร) โบรอน (0.91%) สังกะสี (1.36%) คลอรีน (1.48% น้ำหนัก/ปริมาตร) และสารควบคุมการเติบโต เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน และบีเทน สำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของผักและผลไม้ พร้อมด้วยสารธรรมชาติที่ช่วยคลายเครียด เช่น อัลจินต แมนนีทอล พอลิแซ็กคาไรด์จากทะเล เช่น ลามินาริน และโพลิฟินอล (Carrasco-Gil *et al.*, 2021) แนะนำให้ใช้ทางใบในช่วงออกดอกและระยะติดผลต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณภาพของผลผลิต มีประโยชน์ในการเสริมสร้างความทนทานต่อความเครียดของพืชผล และเพิ่มคุณภาพของผลไม้ ผัก และดอกไม้ เป็นต้น การนำสาหร่ายมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์มีการทำเป็นประจำทุกปี โดยจะถูกใช้เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและเป็นปุ๋ย การศึกษาการใช้สาหร่ายน้ำจืด (*spirogyra*) เป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียว พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำจืด ลำธาร แม่น้ำ หนอง บึง มีลักษณะเป็นเส้นยาว ๆ พันกันเป็นเกลียว สีเขียวเข้ม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10–20 ไมครอน สาหร่ายน้ำจืดเป็นสาหร่ายที่สามารถสร้างอาหารได้เองจากการสังเคราะห์ด้วยแสง สาหร่ายชนิดนี้จึงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เป็นแหล่งผลิตออกซิเจนและเป็นแหล่งอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ ประโยชน์ของสาหร่ายน้ำจืดต่อพืช ได้แก่ เป็นแหล่งอาหาร สาหร่ายน้ำจืดสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับพืชได้ โดยมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม จึงช่วยบำรุงพืชให้เจริญเติบโตได้ดีช่วยเพิ่มผลผลิต และมีสารอาหารที่จำเป็นต่อพืช เช่น กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช และสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น สารอาหารเหล่านี้มีส่วนช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชมีลำต้นแข็งแรง ใบเขียวเข้ม ออกดอกติดผลดี และสามารถต้านทานโรคและแมลงได้ดี และช่วยปรับปรุงคุณภาพผลผลิต

สาหร่ายน้ำจืดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด (Ronga *et al.*, 2019) สารเหล่านี้มีส่วนสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของพืชได้ เช่น ทำให้พืชมีรสชาติหวานกรอบ หอม และอร่อยยิ่งขึ้น ลดต้นทุนการผลิต การใช้สาหร่ายน้ำจืดเป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับพืช อาจช่วยต้นทุนการผลิตได้เนื่องจากสาหร่ายน้ำจืดเป็นสารธรรมชาติที่มีราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตรและยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นปุ๋ยชีวภาพเป็นสารธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ง่ายและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ สาหร่ายน้ำจืดยังนิยมนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงดินได้อีกด้วย โดยสามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินร่วนซุย ระบายน้ำได้ดีและสามารถกักเก็บน้ำและธาตุอาหารไว้ได้นานขึ้น (Kabato *et al.*, 2025) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากสาหร่ายน้ำจืดในการออกฤทธิ์เป็นสารกระตุ้นชีวภาพ ต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศพันธุ์ราชินีในโรงเรือนปิดที่มีสภาวะความเครียดเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิ 35.0–39.0°C) โดยการปลูกในบริเวณโรงเรือนที่มีการเปิดรับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน และปิดระบบระบายอากาศในโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองภาคสนามของงานวิจัยนี้ดำเนินการในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ณ ฟาร์มตะขอบฟ้า วิสาหกิจชุมชนเพชรพิน อำเภอสรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี โดยการนำสาหร่ายน้ำจืดในพื้นที่แหล่งน้ำจังหวัดสุพรรณบุรี และทำการสกัดกรดอะมิโน และสังเคราะห์เป็นสารกระตุ้นชีวภาพโดยใช้เอทานอลเป็นตัวสกัด และทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและรองตามวิธีการ In-house Method Based on AOAC (1989) และวิธี In-house Method Based on AOAC (2019) (Figure 1 and 2) แล้วนำมาทดลองฉีดสารกระตุ้นชีวภาพกับแปลงปลูกมะเขือเทศ โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

(Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ดำรับการทดลอง ได้แก่
 ดำรับการทดลองที่ 1 น้ำเปล่า (control) (T0)
 ดำรับการทดลองที่ 2 สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 5 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T1)
 ดำรับการทดลองที่ 3 สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 10 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T2)
 ดำรับการทดลองที่ 4 สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 15 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล. (T3)
 โดยดำรับการทดลองละ 3 ซ้ำ จำนวน 20 ต้นต่อแปลงย่อย (Figure 3A, 3B and 3C) โดยทุกดำรับการ

ทดลองจะให้น้ำระบบท่อร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 และในดำรับการทดลอง T0, T1, T2 และ T3 ฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพจำนวน 4 ครั้ง ในช่วง 20 วันหลังย้ายปลูก (การฉีดพ่นครั้งแรก) ฉีดพ่นครั้งที่สองในระยะเริ่มติดดอกระยะ 30-45 วัน หลังย้ายปลูก ฉีดพ่นครั้งที่สามในระยะเริ่มติดผล และฉีดพ่นครั้งที่สี่ในระยะ 10 วันหลังจากการฉีดพ่นครั้งที่สาม ปฏิบัติตามแนวทางปฏิบัติมาตรฐานในการจัดการพืชผล โดยสารกระตุ้นชีวภาพจากการสังเคราะห์สาหร่ายน้ำจืดจำนวน 100 มล. มีปริมาณของกรดอะมิโนต่าง ๆ ดัง Figure 1 และปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม แสดงผลการทดลองใน Figure 2

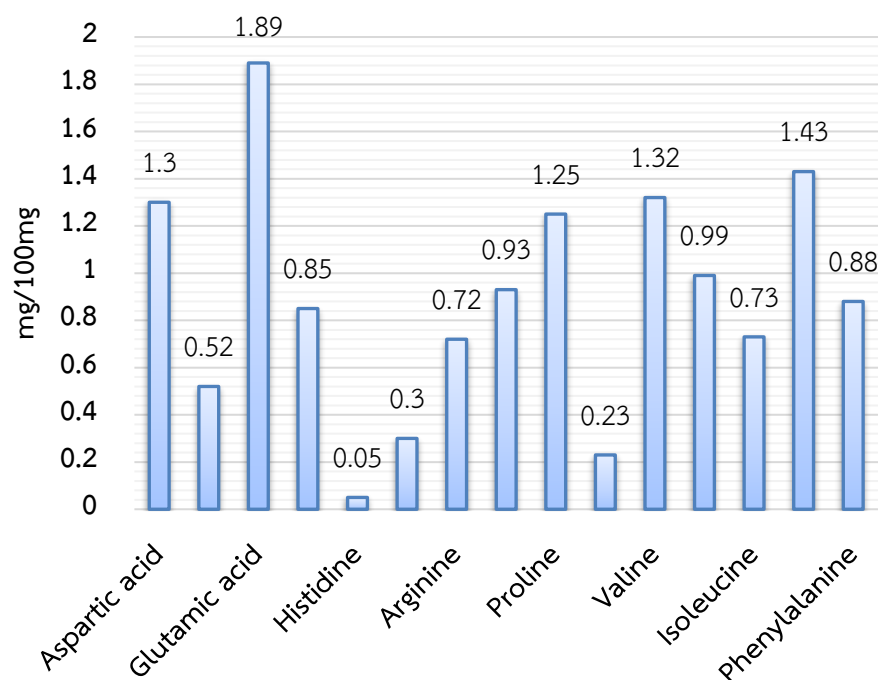


Figure 1 Amino acid composition of freshwater algae extract as determined by AOAC (1989) and AOAC (2019)

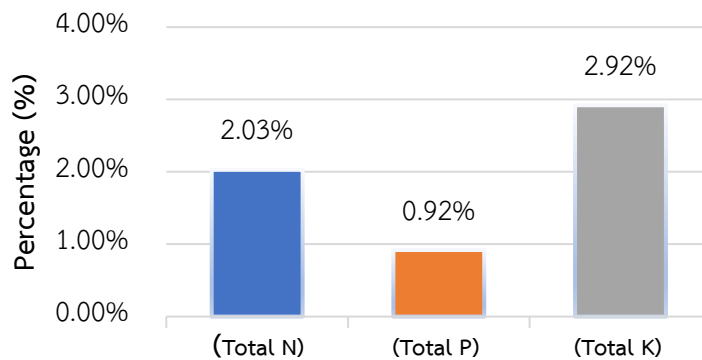


Figure 2 Nitrogen, phosphorus and potassium content of freshwater algae extract as determined by AOAC (1989) and AOAC (2019)

ทำการทดลองบนแปลงทดลองขนาด 4x10 ตารางเมตร ในสภาพโรงเรือน ต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ราชินี อายุ 1 เดือน แล้วย้ายปลูกในแปลงในรูปแบบกระถางปลูก เพื่อลดอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกอื่น ๆ โดยการสุ่มเลือก 10 ต้นจากแต่ละแปลงย่อย เพื่อบันทึกการสังเกตเกี่ยวกับลักษณะการเจริญเติบโตที่อายุ 15, 30, 45 และ 60 วัน หลังย้ายปลูก ได้แก่ ความสูงต้น ความยาวของราก จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนผลต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผล

มะเขือเทศ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศและปริมาณ ไนโตรเจนในใบมะเขือเทศที่ระยะ 80 วันหลังย้ายปลูก ตามวิธีดัดแปลงของ Sadasivam and Manickam (1996) จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ข้อมูลตามเทคนิค ความแปรปรวนตามการวางแผนการทดลองแบบสุ่มใน บล็อกสมบูรณ์และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05



Figure 3 (A) outside of experimental greenhouse; (B) inside the greenhouse and (C) tomato growth measurement

ผลการวิจัย

ความสูงของต้นมะเขือเทศ

จาก Table 1 ผลการตอบสนองของแต่ละตำรับ การทดลองต่อสารกระตุ้นชีวภาพที่สังเคราะห์จาก สาหร่ายน้ำจืดในด้านความสูงของต้นมะเขือเทศ พบว่า ลักษณะความสูงของต้นที่อายุ 30 และ 60 วัน พบความ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และที่อายุ 60 วัน หลัง ย้ายปลูก ตำรับ T2 ให้ค่าความสูงมากกว่าทุกตำรับ เท่ากับ 103.9 ± 2.7 ซม. รองลงมาคือ ตำรับการทดลอง T3 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.4 ± 0.9 ซม. ตามลำดับ ตามด้วย

ตำรับการทดลอง T1 ส่วนตำรับการทดลอง T0 ในช่วง เวลา 30 และ 60 วันหลังย้ายปลูก พบว่าให้ค่าเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในช่วง 60 วันหลังย้าย ปลูกให้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 61.9 ± 0.6 ซม. ส่วนในช่วง เวลา 15 และ 45 วันหลังย้ายปลูกให้ค่าเฉลี่ยความสูง ในแต่ละตำรับการทดลองไม่แตกต่างกัน โดยตำรับการ ทดลอง T2 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.3 ± 1.0 และ 62.7 ± 3.6 ซม. ตามลำดับ ตามด้วยตำรับการทดลอง T3 และ T1 ส่วนตำรับการทดลอง T0 ให้ค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 7.0 ± 0.5 และ 51.3 ± 1.3 ซม. ตามลำดับ

Table 1 Effect of biostimulant treatments on the mean height of tomato plants at 15, 30, 45, and 60 days after transplanting

Treatment	Height (cm $\pm$ SD)			
	15 days	30 days	45 days	60 days
T0	$7.0 \pm 0.5^{ns1/}$	$31.3 \pm 1.9^{c2/}$	51.3 ± 1.3^{ns}	61.9 ± 0.6^d
T1	11.7 ± 0.6^{ns}	35.3 ± 0.8^b	55.3 ± 0.4^{ns}	65.7 ± 1.4^c
T2	20.3 ± 1.0^{ns}	39.3 ± 0.3^a	62.7 ± 3.6^{ns}	103.9 ± 2.7^a
T3	13.5 ± 1.0^{ns}	37.5 ± 0.7^a	58.6 ± 0.9^{ns}	78.4 ± 0.9^b
CV (%)	38.4	9.1	8.2	22.9
t (t-value)	2.31	2.47	9.69	7.49

T0 = No bio-stimulant (control); T1= Freshwater algae extract 5 ml: 1,000 ml water; T2= Freshwater algae extract 10 ml: 1,000 ml water; T3 = Freshwater algae extract 15 ml: 1,000 ml water

1/ ns and * : Non significant and significant at the level 0.05, respectively

2/ Means with different letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by DMRT.

SD = Standard deviation; CV = Coefficient of variation

ความยาวรากของต้นมะเขือเทศ

จาก Table 2 ผลการตอบสนองของสารกระตุ้นชีวภาพที่สังเคราะห์จากสาหร่ายน้ำจืดต่อความยาวรากของต้นมะเขือเทศ พบว่าอายุต้นมะเขือเทศที่อายุ 15 และ 45 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อายุที่ 15 วันหลังย้ายปลูก พบว่าได้รับการทดลอง

T1–T3 มีความยาวของรากไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 12.6–13.4 ซม. และแตกต่างกับได้รับการทดลอง T0 อายุที่ 45 วัน หลังย้ายปลูก พบว่าได้รับการทดลอง T2 และ T3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 26.7 และ 24.3 ซม. ตามลำดับ

Table 2 Effect of biostimulant treatments on the mean root length of tomato plants at 15, 30, 45, and 60 days after transplanting

Treatment	Root length (cm±SD)			
	15 days	30 days	45 days	60 days
T0	11.6±0.8 ^{a2/}	16.5±0.5 ^{ns1/}	18.4±0.2 ^a	24.8±0.3 ^{ns}
T1	12.6±0.6 ^b	17.6±0.3 ^{ns}	22.1±2.5 ^b	28.8±1.0 ^{ns}
T2	13.4±0.3 ^b	19.3±0.3 ^{ns}	26.7±1.1 ^c	36.6±0.3 ^{ns}
T3	12.7±0.1 ^b	18.1±0.3 ^{ns}	24.3±0.7 ^c	33.7±1.0 ^{ns}
CV (%)	6.3	6.1	14.8	15.3
t (t-value)	2.306	1.46	3.81	6.76

T0 = No bio-stimulant (control); T1= Freshwater algae extract 5 ml: 1,000 ml water; T2= Freshwater algae extract 10 ml: 1,000 ml water; T3 = Freshwater algae extract 15 ml: 1,000 ml water

1/ ns and * : Non significant and significant at the level 0.05, respectively

2/ Means with different letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by DMRT.

SD = Standard deviation; CV = Coefficient of variation

จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนผลต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศ

จาก Table 3 พบว่าลักษณะจำนวนผลต่อต้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ได้รับการทดลอง T2 มีจำนวนผล

ต่อต้นและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด และรองลงมา เท่ากับ 807.3 และ 356.9 ผล กับ 9.00 และ 7.66 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ส่วนผลการทดลองจำนวนช่อดอกต่อต้นและจำนวนผลต่อช่อ พบว่าได้รับการทดลอง T2 สูงที่สุด แต่ทุกได้รับการไม่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Effect of biostimulant treatments on the mean number of inflorescence, number of fruits inflorescence, number of fruits and °Brix of tomato plants

Treatment	Tomato plants aged 80 days after transplanted (day)			
	number of inflorescence	number of fruits inflorescence	number of fruits	°Brix
T0	2.7±0.6 ^{ns1/}	1.0±1.0 ^{ns}	24.3±1.5 ^{a2/}	5.67±0.6 ^a
T1	6.3±0.6 ^{ns}	4.3±0.6 ^{ns}	242.0±4.4 ^b	7.33±0.6 ^b
T2	10.0±1.0 ^{ns}	9.0±1.0 ^{ns}	807.0±3.8 ^d	9.00±0.0 ^c
T3	7.7±0.6 ^{ns}	5.3±0.6 ^{ns}	359.0±6.3 ^c	7.66±0.6 ^b
CV (%)	42.4	42.6	83.0	17.7
t (t-value)	3.01	3.13	269.56	1.49

T0 = No bio-stimulant (control); T1= Freshwater algae extract 5 ml: 1,000 ml water; T2= Freshwater algae extract 10 ml: 1,000 ml water; T3 = Freshwater algae extract 15 ml: 1,000 ml water

1/ ns and * : Non significant and significant at the level 0.05, respectively

2/ Means with different letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by DMRT.

SD = Standard deviation; CV = Coefficient of variation

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศและปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศ

จาก Table 4 ผลการตอบสนองปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศ และปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศ ต่อสารกระตุ้นชีวภาพที่สังเคราะห์จากสาหร่ายน้ำจืดในแต่ละการทดลองในระยะ 60 วันหลังปลูก ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์มักจะอยู่ในระดับที่เสถียรและสูงเนื่องจากพืชมีพื้นที่ใบ (leaf area) ขยายเต็มที่เพื่อสะสมอาหารส่งไปยังดอกและผลที่เริ่มก่อตัว (Ali *et al.*, 2021) โดยวัดที่ตำแหน่งใบที่ 3 หรือ 4 จากยอด บริเวณกลางใบ ซึ่งการทดลองมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ($p < 0.05$) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดำรับการทดลองที่ T2 และ T3 ให้ค่าสูงสุด และรองลงมา เท่ากับ 39.9±0.4 และ 33.4±0.9 ดัชนีเอสแพด (SPAD) ตามลำดับ ตามมาด้วยการทดลอง T1 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.4±0.7 ดัชนีเอสแพด (SPAD) สุดท้ายคือ ดำรับการทดลอง T0 เท่ากับ 12.3±0.7 ดัชนีเอสแพด (SPAD) ส่วนปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศในทุกการทดลองให้ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยการทดลอง T2 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 16.8±0.6 มก./ก. รองลงมาคือ ดำรับการทดลอง T3 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.7±0.5 มก./ก. ดำรับการทดลอง T1 ให้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับการทดลอง T0 คือ 12.6±0.8 และ 11.3±1.0 มก./ก. ตามลำดับ

Table 4 Effect of biostimulant treatments on the mean Leaf chlorophyll and nitrogen content of tomato plants at 80 days after transplanting

Treatment	Leaf chlorophyll content (SPAD)	Leaf nitrogen content (mg/g)
T0	12.3±0.7 ^{a2/}	11.3±1.0 ^{ns1/}
T1	18.4±0.7 ^b	12.6±0.8 ^{ns}
T2	39.9±0.4 ^d	16.8±0.6 ^{ns}
T3	33.4±0.9 ^c	14.7±0.5 ^{ns}
CV (%)	44.6	17.7
t (t-value)	18.27	1.20

T0 = No bio-stimulant (control); T1= Freshwater algae extract 5 ml: 1,000 ml water; T2= Freshwater algae extract 10 ml: 1,000 ml water; T3 = Freshwater algae extract 15 ml: 1,000 ml water

1/ ns and * : Non significant and significant at the level 0.05, respectively

2/ Means with different letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by DMRT.

SD = Standard deviation; CV = Coefficient of variation

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในด้านความสูงและความยาวของรากของต้นมะเขือเทศ เมื่อมีการพ่นสารกระตุ้นชีวภาพลงบนใบมะเขือเทศ ให้ผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกัน คือ ดำรับการทดลอง T2 ให้ค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด ในช่วงเวลา 15 และ 45 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นไปได้ว่าในระยะ 15 วัน (early vegetative) เป็นช่วงที่สารเร่งชีวภาพ (เช่น กลุ่มอะมิโนหรือฮอร์โมนกลุ่มออกซิน/ไซโตไคนิน) เข้าไปกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของข้อปล้องทันทีหลังย้ายปลูก ทำให้ต้นที่ได้รับสารเร่งมีความสูงทั้งทางกลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน ซึ่งดำรับการทดลอง T2 สามารถกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าดำรับการทดลอง T1 ซึ่งอาจมีความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ต่ำเกินไป และดำรับการทดลอง T3 ซึ่งอาจมีความเข้มข้นสูงเกินไปจนเกิดภาวะยับยั้งเชิงสรีรวิทยา (hormonal imbalance หรือ feedback inhibition) ส่งผลให้ดำรับการทดลอง T2 มีการเจริญเติบโตทางความ

สูงเหนือกว่ากลุ่มอื่นตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ส่วนระยะ 45 วัน (peak vegetative to flowering) เป็นช่วงที่มะเขือเทศมีการเจริญเติบโตทางลำต้นสูงที่สุด (exponential growth) ก่อนจะเปลี่ยนไปเป็นการสร้างดอก สารเร่งชีวภาพจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง ทำให้การสะสมอาหารเพื่อเพิ่มความสูงทำได้เต็มที่ในระยะนี้ ดำรับการทดลอง T2 ยังคงแสดงศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง การดูดใช้ธาตุอาหาร และการลำเลียงคาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่าดำรับการทดลอง T1 และ T3 ส่งผลให้มีการสะสมชีวมวลและการยืดตัวของลำต้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ดำรับการทดลอง T1 ไม่สามารถกระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาได้เต็มที่และดำรับการทดลอง T3 อาจเกิดผลกระทบเชิงลบจากความเข้มข้นที่สูงเกินไป เช่น การรบกวนสมดุลฮอร์โมนหรือการสะสมสารที่ก่อให้เกิดความเครียด นอกจากนี้ ในด้านความยาวของรากในช่วงเวลา 30 และ 60 วันหลังปลูกอย่างชัดเจน โดยระยะ 30 วัน (root establishment) หลังจากลำต้นเริ่มตั้งตัวได้ (หลัง 15 วันแรก) พืชจะเริ่มกระจายพลังงาน

ลงสู่รากเพื่อหาอาหารมาเลี้ยงลำต้นที่กำลังเจริญเติบโต สารเร่งชีวภาพกลุ่มฮิวมิกแอซิด (humic acid) หรือสารกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ (microbial inoculants) มักจะแสดงผลชัดเจนในระยะนี้ โดยการกระตุ้นการแตกรากแขนงและรากขนอ่อน (Li *et al.*, 2025; Xu *et al.*, 2025; Khan *et al.*, 2025) ทำให้ความยาวรากในระยะ 30 วัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในระยะ 60 วัน (fruit setting) เป็นช่วงที่พืชต้องการน้ำและธาตุอาหารสูงมากเพื่อส่งต่อไปยังผล รากจึงต้องขุดไชไปได้ไกลและลึกที่สุด สารเร่งชีวภาพจะช่วยรักษาความแข็งแรงของรากไม่ให้เสื่อมสภาพเร็ว (delayed senescence) ทำให้ความยาวรากในกลุ่มที่ได้รับสารเร่งยังคงเพิ่มขึ้นและแตกต่างจากตำรับการทดลอง T0 ชัดเจน (Kumar *et al.*, 2020)

ส่วนอัตราส่วนของสารสกัดสาหร่ายน้ำจืดที่ต่างกัน พบว่าตำรับการทดลอง T2 ให้ผลการเจริญเติบโตของพืชดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลอง T1 และ T3 ซึ่งสามารถอธิบายได้ในเชิงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสารที่ให้และการตอบสนอง (dose-response relationship) โดยตำรับการทดลอง T2 เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม (optimal concentration) ต่อการดูดซึมและการใช้ประโยชน์ของสารกระตุ้นชีวภาพในระดับดังกล่าว สารออกฤทธิ์จากสาหร่าย เช่น กรดอะมิโน สารคล้ายฮอร์โมนพืช (Auxin, Cytokinin) และสารอินทรีย์เชิงซ้อน สามารถส่งเสริมประสิทธิภาพของระบบรากและการดูดซึมธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ได้อย่างสมดุล ส่งผลให้พืชมีการนำธาตุอาหารไปใช้ (nutrient use efficiency) ได้สูงที่สุด และในระดับเซลล์ธาตุอาหารหลักดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการพื้นฐานของการเจริญเติบโต ได้แก่ การแบ่งเซลล์ (cell division) การขยายตัวของเซลล์ (cell expansion) และการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ของเซลล์ (cell differentiation) โดยไนโตรเจนมีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์

ฟอสฟอรัสเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนพลังงานในรูป ATP ซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการ mitosis และการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก ขณะที่โพแทสเซียมมีบทบาทในการควบคุมแรงดันเต่ง (turgor pressure) และการขยายขนาดของเซลล์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (Mallick *et al.*, 2024) ในทางตรงกันข้าม T1 ซึ่งมีความเข้มข้นต่ำ อาจไม่สามารถกระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาได้อย่างเต็มที่ ขณะที่ตำรับการทดลอง T3 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงเกินไป อาจก่อให้เกิดความไม่สมดุลของฮอร์โมนหรือเพิ่มความดันออสโมติกในบริเวณราก ส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซึมธาตุอาหารลดลง ดังนั้น ผลการตอบสนองของมะเขือเทศต่อสารกระตุ้นชีวภาพที่เหนือกว่าของตำรับการทดลอง T2 จึงสะท้อนถึงความเหมาะสมของความเข้มข้นของสารสกัดสาหร่ายที่สามารถส่งเสริมทั้งการดูดซึมธาตุอาหารและกระบวนการระดับเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความสูงของต้นมะเขือเทศอย่างชัดเจนในช่วง 30 และ 60 วัน เมื่อเทียบกับควบคุม (T0) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสารดังกล่าวอาจไปกระตุ้นการเจริญเติบโตช่วงต้น-กลางของพืช (vegetative phase)

นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลสนับสนุนที่แสดงว่าการใช้สารกระตุ้นชีวภาพจากสาหร่ายน้ำจืดเพื่อช่วยเพิ่มการดูดซึมอาหารของต้นพืช เช่น คลอโรฟิลล์และอัตราการสังเคราะห์แสง (Jame *et al.*, 2025) ทำให้เพิ่มยอดพืชสูงขึ้นได้ในช่วงต้นของการเติบโตในระยะ 15–25 วันหลังปลูก ส่วนระบบรากและการดูดซึมของต้นมะเขือเทศมีการพัฒนายังไม่เต็มที่ที่ทำให้การตอบสนองต่อสารกระตุ้นชีวภาพในช่วงนี้ไม่มีความแตกต่างมากนัก แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงผลทดลองที่ระยะเวลา 60 วันหลังปลูก ซึ่งทำให้มีความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองทั้ง 4 เด่นชัดที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า ช่วงระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative phase) เป็นช่วงที่เห็นผลการใช้สารสาหร่ายที่ชัดเจนที่สุด (Oancea *et al.*, 2013) ส่วนตำรับการทดลองที่ T3 ที่มีความเข้มข้นของสาร

กระตุ้นชีวภาพที่มีปริมาณสารสกัดอะมิโนจากสาหร่ายน้ำจืดสูงกว่าตำรับการทดลอง T2 แต่สัดส่วนการตอบสนองของมะเขือเทศยังต่ำกว่าตำรับการทดลอง T2 ส่งผลให้การเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยสารที่มีอยู่ในสารสกัดชีวภาพมักพบสารพวกไฟโตฮอร์โมน (phytohormones) หรือฮอร์โมนพืชที่มีอยู่ในสารสกัดชีวภาพ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นเองตามธรรมชาติแต่มีปริมาณน้อยมาก หากแต่มีผลต่อกระบวนการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชสูง

นอกจากนี้ ไฟโตฮอร์โมนยังควบคุมการทำงานหลายอย่างของพืช เช่น การงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของลำต้น การออกดอก การสร้างผล การร่วงของใบ และการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม รวมถึงพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยโมโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharides) จำนวนมากเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว โดยทั่วไปมีหน่วยย่อยมากกว่า 10 หน่วยขึ้นไป สารกลุ่มนี้ทำหน้าที่สำคัญทั้งในฐานะแหล่งพลังงานสำรองและองค์ประกอบเชิงโครงสร้างของเซลล์สิ่งมีชีวิต อย่างไรก็ตาม ในบริบทของการใช้สารสกัดสาหร่ายเป็นสารกระตุ้นชีวภาพ พบว่าความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์มีผลต่อการตอบสนองของพืช โดยในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดี แต่เมื่อความเข้มข้นสูงเกินไป อาจทำให้ประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสูงของพืชลดลง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดในการดูดซึมหรือการรบกวนสมดุลทางสรีรวิทยาของพืช โดย Rachidi *et al.* (2021) ได้เสนอการวิจัยที่ชี้ว่า ไฟโตฮอร์โมนและพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น ออกซิน (auxins) ไซโตไคนิน (cytokinins) ในสาหร่ายมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาหน่อหรือกิ่งและรากต้นมะเขือเทศ ด้านจำนวนช่อดอกต่อต้นและผลต่อต้นในตำรับการทดลอง T2 มีจำนวนช่อดอกต่อต้นเฉลี่ยสูงสุด 10.0 ± 1.0 ช่อดอกต่อต้นและ 9.0 ± 1.0 ผลต่อต้น ตามลำดับ รองลงมาเป็นตำรับการทดลอง T3 มีค่าเท่ากับ 7.7 ช่อดอกต่อต้น และ 5.3 ผลต่อต้น ส่วนตำรับการทดลอง T1 มีค่า

เท่ากับ 6.3 ช่อดอกต่อต้น และ 4.3 ผลต่อต้น และตำรับการทดลอง T0 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 2.7 ช่อดอกต่อต้น และ 1.0 ผลต่อต้น ซึ่งชี้ให้เห็นว่าตำรับการทดลอง T2 ถูกกระตุ้นตามกระบวนการสร้างดอกและการติดผลได้ดีที่สุด เนื่องจากการสกัดจากชีวภาพจากสาหร่ายน้ำจืดที่มีไฟโตฮอร์โมน (phytohormones) หรือฮอร์โมนพืช เช่น ออกซินและไซโตไคนิน สามารถกระตุ้นการพัฒนาดอกและเพิ่มการติดผล ซึ่งตำรับการทดลอง T1 และ T3 จะมีไฟโตฮอร์โมนเหมือนกับตำรับการทดลอง T2 แต่ผลทางสรีรวิทยาของพืชไม่ได้ขึ้นอยู่กับ “มีหรือไม่มี” เพียงอย่างเดียว หากขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของฮอร์โมน (hormonal balance) และประสิทธิภาพการดูดซึม (uptake efficiency) ซึ่งอธิบายได้ในลักษณะ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสารที่ให้และการตอบสนอง (dose-dependent response) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้สารชีวภาพที่สังเคราะห์จากสาหร่ายปม หรือ *Ascophyllum nodosum* ซึ่งแสดงผลในการเพิ่มจำนวนช่อดอกและผลต่อต้นพืชอย่างมีนัยสำคัญ (Hussain *et al.*, 2021) ส่วนจำนวนผลต่อต้นตำรับการทดลอง T2 ส่งผลตอบสนองเฉลี่ยสูงที่สุดเช่นกัน 807.00 ± 3.78 ผลต่อต้น เนื่องจากตำรับการทดลอง T2 ส่งผลให้ต้นมีดอกและผลมากขึ้น สะท้อนผ่านผลรวมทั้งหมดอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยที่พบว่าสารกระตุ้นชีวภาพ (bio-stimulants) ช่วยเพิ่มผลรวมของการเจริญเติบโตให้กับพืช

เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ใช้สารสกัดจากสาหร่ายทะเลจากประเทศโมร็อกโก (Moroccan seaweed) (Mzibra *et al.*, 2021) ซึ่งมักถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เพื่อการเกษตร เช่น ปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน ซึ่งสาหร่ายทะเลเหล่านี้มีสารอาหารและฮอร์โมนที่สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มความแข็งแรง และเพิ่มผลผลิตเช่นเดียวกันกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศที่ตำรับการทดลอง T2 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 9.0 ± 0.0 องศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{br}$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่ว่า สารกระตุ้นชีวภาพ (bio-stimulants) ที่สกัดจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล

(*Ascophyllum nodosum*) มีส่วนช่วยเพิ่มค่าความหวานหรือปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและสารต้านอนุมูลอิสระในมะเขือเทศเพิ่มเติมด้วย (Subramaniyan *et al.*, 2023) ส่วน Olaiya (2010) และ Soltys *et al.* (2012) ได้รายงานผลการทดลองที่คล้ายคลึงกันนี้เช่นกัน โดยพบว่าสารกระตุ้นชีวภาพที่มีการใช้เพื่อส่งเสริมการเติบโตที่หลากหลายชนิดมีบทบาทเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อความสูงของพืช เนื่องจากมีสารกระตุ้นการเจริญเติบโตหลายชนิด เช่น ฮอร์โมน อาหารเสริม และกรดอินทรีย์ อื่น ๆ ซึ่งส่งเสริมการยึดตัวของลำต้นโดยการเพิ่มอัตราการยึดตัวของเซลล์และกิจกรรมเจริญของปลายยอดของพืช ลักษณะการเจริญเติบโตทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมากกับการผลิตดอกไม้และผลไม้ในพืช ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศและปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศในการรับการทดลอง T2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยสารกระตุ้นชีวภาพที่ได้จากการสังเคราะห์สาหร่ายน้ำจืดมีศักยภาพในการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบมะเขือเทศได้สูงอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และโปรตีน (Norrie and Keathley, 2006)

เหตุผลนี้ในการทดลอง T2 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด (optimum concentration) ในการเสริมประสิทธิภาพการดูดซึมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมผ่านผิวใบเป็นหลัก โดยสารออกฤทธิ์ เช่น กรดอะมิโน ไฟโตฮอร์โมน และพอลิแซ็กคาไรด์ สามารถซึมผ่านชั้นคิวทิเคิล (cuticle) และปากใบ (stomata) ก่อนจะถูกลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช ในทางตรงกันข้ามในการทดลอง T1 ซึ่งมีความเข้มข้นต่ำอาจทำให้ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ดูดซึมเข้าสู่ใบไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นกระบวนการทางสรีรวิทยาได้อย่างเต็มที่ ขณะที่การทดลอง T3 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงเกินไปอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซึมผ่านผิวใบลดลงเนื่องจากความหนืดหรือการสะสมของสารบนผิวใบ รวมถึงอาจก่อให้เกิดภาวะความไม่สมดุลของฮอร์โมน

(hormonal imbalance) เช่น การรบกวนอัตราส่วนของออกซินต่อไซโตไคนิน และกระตุ้นกลไก feedback inhibition ส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลงแทนที่จะเพิ่มขึ้น การใช้สารกระตุ้นชีวภาพในปริมาณที่แนะนำ (ประมาณ 2.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร หรือ 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร) ให้ผลดีที่สุดทั้งด้านความสูงของต้นและน้ำหนักผลผลิต โดยการใช้ในระดับที่สูงเกินไป (double the recommended rate) อาจทำให้พืชแคระแกร็นหรือความสูงลดลงถึง 39% (Oliveira *et al.*, 2021) รวมถึงสารกระตุ้นชีวภาพในสาหร่ายสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมไนโตรเจน เช่น ไนเตรทรีดักเทสและการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ทำให้กระบวนการเหล่านี้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ (Stirk and van Staden, 2014) นอกจากนี้ ไซโตไคนินในสารกระตุ้นชีวภาพยังช่วยส่งเสริมการแบ่งเซลล์และการพัฒนาของคลอโรพลาสต์ ซึ่งเป็นโรงงานผลิตคลอโรฟิลล์ในใบ การเพิ่มขึ้นของจำนวนและประสิทธิภาพของคลอโรพลาสต์ย่อมนำไปสู่การสร้างคลอโรฟิลล์ที่สูงขึ้น (Khan *et al.*, 2009) การมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงขึ้นโดยตรงหมายถึงประสิทธิภาพในการดักจับแสงแดดเพื่อสังเคราะห์ด้วยแสงที่เพิ่มขึ้น ทำให้พืชสามารถผลิตพลังงานและสารอินทรีย์ได้มากขึ้น ซึ่งส่งเสริมการเจริญเติบโตโดยรวมและการดูดซึมไนโตรเจนอย่างมีประสิทธิภาพในมะเขือเทศ เนื่องจากเป็นพืชที่ต้องการพลังงานสูงเพื่อใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อและสะสมน้ำตาลในผล (Shukla *et al.*, 2019)

สรุปผลการวิจัย

พบว่าในการทดลอง T2 (สารสกัดสาหร่ายน้ำจืด 10 มล. : น้ำเปล่า 1,000 มล.) ให้ลักษณะความสูงของต้นมะเขือเทศที่อายุ 45 วันหลังปลูก ความยาวรากของต้นมะเขือเทศ จำนวนผลต่อต้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมะเขือเทศ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วน

ปริมาณไนโตรเจนในใบมะเขือเทศ พบว่าดำรับการทดลอง T2 และดำรับการทดลอง T3 ให้ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 16.8 ± 0.6 และ 14.7 ± 0.5 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณฟาร์มตะขอบฟ้า และหอมขจรฟาร์มสำหรับพื้นที่ในการทดลอง และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ในการสนับสนุนทุนวิจัย และคำแนะนำในการทำวิจัยให้ถูกต้อง รวมถึงมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และพื้นที่ดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Ali, K.A., S.S. Noraldeem and A.A. Yaseen. 2021. An evaluation study for chlorophyll estimation techniques. **Sarhad Journal of Agriculture** 37(4): 1458–1465.
<https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.4.1458.1465>
- AOAC. 1989. **Official Methods of Analysis**. 4th ed. Washington DC.: Association of Official Analytical Chemists. 1213 p.
- AOAC. 2019. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21st ed. Washington DC.: Association of Official Analytical Chemists. 3750 p.
- Beeby, E. and J. Evans. 2025. Reclaiming innovation. **Food and Foodways** 34: 129–143.
<https://doi.org/10.1080/07409710.2026.2650588>

- Carrasco-Gil, S., R. Allende-Montalbán, L. Hernández-Apaolaza and J.J. Lucena. 2021. Application of seaweed organic components increases tolerance to Fe deficiency in tomato plants. **Agronomy** 11(3): 1–15.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11030507>
- Chetelat, R.T., R.A. Pertuzé, L. Faúndez, E.B. Graham, and C.M. Jones. 2009. Distribution, ecology and reproductive biology of wild tomatoes and related nightshades from the Atacama desert region of northern Chile. **Euphytica** 167(1): 77–93.
<https://doi.org/10.1007/s10681-008-9>
- Fathi, A. 2022. Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: a review. **Agrisost ISSN 1025-0247** 28: 1–8.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7438164>
- Furtak, K., and A. Wolińska. 2023. The impact of extreme weather events as a consequence of climate change on the soil moisture and on the quality of the soil environment and agriculture— a review. **Catena** 231: 1–15.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107378>
- Hussain, H.I., N. Kasinadhuni and T. Arioli. 2021. The effect of seaweed extract on tomato plant growth, productivity and soil. **Journal of Applied Phycology** 33(2): 1305–1314.
<https://doi.org/10.1007/s10811-021-02387-2>

- James, V.C.X., A.G.P. Thiraviam, M.A. Al-Dosary, A.A. Hatamleh, N.A. Bukhari, S. Arokiyaraj and M. Kalaiyarasi. 2025. Evaluation of nutrient composition and biostimulant properties of seaweeds for improving soil microbial population and tomato plant growth. **BioResources** 20(1): 1431–1451.
<https://doi.org/10.15376/biores.20.1.1431-1451>
- Kabato, W.S., N. Hailegnaw, T.E. Chaffamo, A. Samuel, A.G.S.D. De Silva and Z. Molnár. 2025. Microalgae-based strategies for soil health and crop productivity: mechanisms, challenges, and pathways to climate-resilient agriculture. **Agronomy** 15(11): 1–32.
<https://doi.org/.3390/agronomy15112669>
- Khan, I., S. Asaf, S.M. Kang, N.J. Methela, M.Y. Back, B.W. Yun and I. J. Lee. 2025. Synergistic role of *Fusarium solani* IK-105 and humic acid in combating lead stress in tomato plants through physiological, biochemical and molecular modulation. **Plant Stress** 15(1): 1–17.
<https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.100780>
- Khan, W., U.P. Rayirath, S. Subramanian, M.N. Jithesh, P. Rayorath, M.D. Hodges and A.T. Critchley. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation** 28(4): 386–399.
<https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- Kumar, K.A., P. Jeyakumar, V. Ravichandran, R. Swarnapriya and T. Kalaiselvi. 2020. Effect of bio-stimulants on the morpho-physiological and yield traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **International Journal of Ecology and Environmental Sciences** 4: 682–686.
- Li, Y., R. Zhang, C. Zhang, Q. Li, L. Nie, C. Wang, and X.X. Wang. 2025. Integrative approaches to nutrient management in tomato cultivation for improved sustainability and productivity. **Frontiers in Plant Science** 16: 1–14.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1626136>
- Mallick, S., C. Karak, B. Roy, B. Chakraborty, P. Das and P. Bhutia. 2024. Effects of bio stimulants on growth, yield and quality of tomato. **International Journal of Economic Plants** 11: 347–352.
<https://doi.org/10.23910/2/2024.5493b>
- Mzibra, A., A. Aasfar, M. Khouloud, Y. Farrie, R. Boulif, I.M. Kadmiri and A. Douira. 2021. Improving growth, yield, and quality of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) by the application of Moroccan seaweed-based biostimulants under greenhouse conditions. **Agronomy** 11(7): 1–11.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11071373>
- Norrie, J. and J.P. Keathley. 2006. Benefits of a seaweed extract on turfgrass. **Applied Turfgrass Science** 3(1): 1–8.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.727.27>

- Oancea, F., S. Velea, V. Fătu, C. Mincea and L. Ilie. 2013. Micro-algae-based plant biostimulant and its effect on water stressed tomato plants. **Romanian Journal for Plant Protection** 6: 104–117.
- Olaiya, C.O. 2010. Presowing bioregulator seed treatments increase the seedling growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicon*). **Journal of Plant Growth Regulation** 29(3): 349–356.
<https://doi.org/10.1007/s00344-010-9142>
- Oliveira, R.C., J.E.R. Silva, D.C.M. Pires, A.S. Aguillar and J.M.Q. Luz. 2021. Biostimulants in the development of tomato and collard greens seedlings. **Comunicata Scientiae** 12: e3657-e3657.
<https://doi.org/10.14295/cs.v12.3657>
- Rachidi, F., R. Benhima, Y. Kasmi, L. Sbabou and H.E. Arroussi. 2021. Evaluation of microalgae polysaccharides as biostimulants of tomato plant defense using metabolomics and biochemical approaches. **Scientific Reports** 11(1): 1–16.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-78820-2>
- Ronga, D., E. Biazzi, K. Parati, D. Carminati, E. Carminati and A. Tava. 2019. Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. **Agronomy** 9(4): 1–22.
<https://doi.org/10.3390/agronomy9040192>
- Ryagi, Y.H. and U.G. Nalwadi. 1996. Effect of plant density and different levels on yield and yield attributing characters of golden rod. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences** 9(1): 173–176.
- Sadasivam S. and A. Manickam. 1996. **Biochemical Methods**. New Delhi: New Age International Limited Publisher. 251 p.
- Shahrajabian, M.H., C. Chaski, N. Polyzos, N. Tzortzakis and S.A. Petropoulos. 2021. Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as plant biostimulants. **Biomolecules** 11(6): 1–18.
<https://doi.org/10.3390/biom11060819>
- Shukla, P.S., E.G. Mantin, M. Adil, S. Bajpai, A.T. Critchley and B. Prithiviraj. 2019. *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. **Frontiers in Plant Science** 10: 1–22.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>
- Soltys, D., A. Rudzińska-Langwald, A. Gniazdowska, A. Wiśniewska and R. Bogatek. 2012. Inhibition of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) root growth by cyanamide is due to altered cell division, phytohormone balance and expansin gene expression. **Planta** 236(5): 1629–1638.
<https://doi.org/10.1007/s00425-012-1722-y>

- Stirk, W.A. and J. van Staden. 2014. The Effect of Seaweed Extracts on Plant Growth and Development. *In* Stirk P.A. and J. van Staden (Eds.). **Bioactive Compounds from Algae**. Dordrecht: Springer. 59 p.
- Subramaniyan, L., R. Veerasamy, J. Prabhakaran, A. Selvaraj, S. Algarswamy, K.M. Karuppasami and S. Nalliappan. 2023. Biostimulation effects of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on phytomorpho-physiological, yield and quality traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Horticulturae** 9(3): 1–17. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030348>
- Tepe, A., V. Gözen, A. Kabaş, V. Topçu and O. Çınar. 2022. The performances of some tomato pure lines under cold stress in the vegetative and generative stage. **Horticultural Studies** 39(2): 56–62. <https://doi.org/10.16882/hortis.1122901>
- Xu, Y., M. Li, H. Ding, Y. Ma, Y. Yang and L. Feng. 2025. Comparative effects of humic acid biostimulation on soil properties, growth, and fragrance of *Rosa rugosa*. **Industrial Crops and Products** 225(2025): 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.120444>