ผลของการใช้ซีโอไลต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวา ในระบบเกษตรอินทรีย์

The effect of zeolite application on the growth and yield of cucumber under an organic farming system

คริษฐ์สพล หนูพรหม*, พงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์ และ ภวิกา บุณยพิพัฒน์

Karistsapol Nooprom*, Pongsak Mansuriwong and Pawika Boonyapipat

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Khao Roob Chang, Muang, Songkhla 90000

*Corresponding author: karistsapol.no@skru.ac.th

Received: 9 October 2025; Revised: 14 November 2025; Accepted: 17 November 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ซีโอไลต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาในระบบเกษตรอินทรีย์ การทดลองดำเนินการที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยใช้การทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 6 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ประกอบด้วยการปลูกในระบบเคมี การปลูกในระบบอินทรีย์โดยไม่ใช้ซีโอไลต์ และการปลูกในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์ในอัตรา 50, 100, 150 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิจัยพบว่าการใช้ซีโอไลต์ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) และช่วยปรับค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ของดินให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแตงกวา การปลูกในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์ในอัตรา 50–150 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยให้แตงกวามีการเจริญเติบโตและผลผลิตใกล้เคียงกันโดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่การใช้ซีโอไลต์ในอัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลกำไรสูงสุด 34,454 บาทต่อไร่ ซึ่งมากกว่าการปลูกแตงกวาในระบบเคมีที่ได้ผลกำไรเพียง 28,791 บาทต่อไร่ สรุปได้ว่าการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์ในอัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการผลิตแตงกวาในระบบเกษตรอินทรีย์ เพราะสามารถปรับปรุงคุณภาพดิน เพิ่มผลผลิต และสร้างผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีกว่าการปลูกในระบบเคมี

คำสำคัญ: ซีโอไลต์ แตงกวาอินทรีย์ การเจริญเติบโต ผลผลิต ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of zeolite application on the growth and yield of cucumber under an organic farming system. The experiment was conducted at the Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Khao Rup Chang Sub-district, Mueang District, Songkhla Province. A Randomized Complete Block Design (RCBD) with six treatments and four replications was employed. The treatments consisted of conventional (chemical-based) cultivation, organic cultivation without zeolite, and organic cultivation with zeolite applied at the rates of 50, 100, 150, and 200 kg/rai. The results revealed that the application of zeolite improved soil fertility, particularly by increasing the availability of macronutrients (N, P, and K), and adjusted soil pH to a range suitable for cucumber growth. Organic cultivation with 50–150 kg/rai of zeolite resulted in comparable plant growth and yield, with no significant differences among treatments ($P \leq 0.05$). However, the application of 150 kg/rai of zeolite provided the highest economic return

at 34,454 Baht per rai, which was greater than the profit from conventional cultivation (28,791 Baht per rai). In conclusion, organic cucumber production with zeolite at 150 kg/rai is considered the most suitable practice, as it enhances soil quality, increases yield, and offers better economic benefits compared with chemical-based cultivation.

Keywords: Zeolite, Organic cucumber, Growth, Yield, Economic return

คำนำ

แตงกวา (*Cucumis sativus* L.) เป็นพืชผักเศรษฐกิจที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก มีการบริโภคอย่างแพร่หลายทั้งในรูปรับประทานสดและแปรรูป ตลอดจนการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง (Zhang et al., 2021) และยารักษาโรค (Javid et al., 2024) สำหรับประเทศไทย แตงกวาจัดเป็นผักที่นิยมปลูกอย่างกว้างขวาง เนื่องจากปลูกได้ง่าย ใช้ระยะเวลาเก็บเกี่ยวสั้นเพียง 35-45 วันหลังการปลูก สามารถสร้างรายได้แก่เกษตรกรภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว (นภา, 2557) แหล่งผลิตแตงกวากระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมาก ได้แก่ ราชบุรี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช เพชรบุรี และร้อยเอ็ด ตามข้อมูลจากกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2567 พบว่าประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกแตงกวารวมทั้งสิ้น 46,328 ไร่ และให้ผลผลิตรวม 55,346 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) ปัจจุบัน การผลิตแตงกวามุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมแปรรูปและการส่งออกไปยังต่างประเทศ ส่งผลให้เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมาก ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค เกษตรกรบางส่วนจึงหันมาสนใจการผลิตพืชภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์มากขึ้น (อิสริยาภรณ์ และคณะ, 2566) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของพืชที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์มักต่ำกว่าการผลิตภายใต้ระบบเคมี (Röös et al., 2018) เนื่องจากการปลูกพืชในระบบอินทรีย์มีข้อจำกัดด้านการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ที่ช้ากว่าปุ๋ยเคมี (ศริษฐ์สพล, 2558) อีกทั้งยังได้รับผลกระทบจากศัตรูพืชที่สูงกว่าเพราะไม่มีการใช้สารเคมีในการป้องกำจัด (Seufert et al., 2012; Tuzel et al., 2005)

การปรับปรุงคุณภาพดินในระบบเกษตรอินทรีย์ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะการใช้วัสดุธรรมชาติที่ช่วยเสริมสมรรถนะของดิน เช่น ซีโอไลต์ (zeolite) ซึ่งเป็นแร่ธรรมชาติที่มีโครงสร้างรูพรุน สามารถดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้ดี อีกทั้งยังช่วยเร่งการละลายของหินฟอสเฟต ทำให้พืชสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุฟอสฟอรัสได้มากขึ้น (Cataldo et al., 2021) นอกจากนี้ ซีโอไลต์ยังมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity; CEC) ในระดับสูง (Yilmaz et al., 2014) ทำให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำและธาตุอาหารเพิ่มขึ้น และช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารจำกัด (Cataldo et al., 2021; Nooprom et al., 2021) ทั้งนี้ Vassilina et al. (2023) รายงานว่าการใช้ซีโอไลต์หรือปุ๋ยที่ผสมซีโอไลต์ช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เมื่อเทียบกับการไม่ใช้ซีโอไลต์ ขณะที่ Mondal et al. (2021) พบว่าการใช้ซีโอไลต์สามารถลดการสูญเสียไนโตรเจนในระบบปลูกพืชอินทรีย์และเพิ่มค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินได้อย่างมีนัยสำคัญ

จากคุณสมบัติดังกล่าว การใช้ซีโอไลต์จึงถือเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพดินและยกระดับประสิทธิภาพการผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยยังมีรายงานการศึกษาการใช้ซีโอไลต์ในระบบการผลิตแตงกวาอินทรีย์ค่อนข้างจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ซีโอไลต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเชิงวิชาการในการประยุกต์ใช้วัสดุธรรมชาติอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อการผลิตแตงกวาอินทรีย์อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

การศึกษาผลของการใช้ซีโอไลต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาในระบบเกษตรอินทรีย์ ดำเนินการที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยใช้แตงกวาพันธุ์โลตัสของบริษัท ทีเอสเอ จำกัด ออกแบบการทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 20 ต้น ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธีของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ การทดลองแบ่งออกเป็น 6 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 การปลูกแตงกวาโดยใช้สารเคมี

กรรมวิธีที่ 2 การปลูกแตงกวาอินทรีย์โดยไม่ใช้ซีโอไลต์

กรรมวิธีที่ 3 การปลูกแตงกวาอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

กรรมวิธีที่ 4 การปลูกแตงกวาอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่

กรรมวิธีที่ 5 การปลูกแตงกวาอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่

กรรมวิธีที่ 6 การปลูกแตงกวาอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่

2. การเตรียมแปลงทดลอง

เริ่มจากการไถดะเพื่อพลิกหน้าดินและกำจัดวัชพืช จากนั้นทำการไถแปรและไถพรวนเพื่อย่อยและปรับสภาพดินให้ร่วนซุยเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแตงกวา ยกแปลงปลูกขนาด 1 × 5 เมตร ระยะระหว่างแปลง 0.5 เมตร สำหรับแปลงปลูกแตงกวาแบบใช้สารเคมีทำการใส่ปุ๋ยคอกในระหว่างการเตรียมดินในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนแปลงปลูกแตงกวาอินทรีย์ในทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยคอกในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ซีโอไลต์ในอัตราตามที่กำหนดในแต่ละกรรมวิธี โดยทุกกรรมวิธีการทดลองได้ใส่ปูนขาวในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด–ด่างของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแตงกวา

3. การปลูกและการดูแลรักษา

3.1 การปลูกในระบบเคมี เริ่มจากการรองก้นหลุมด้วยสารคาร์โบฟูแรน (carbofuran) อัตรา 2 กรัมต่อหลุม จากนั้นหยอดเมล็ดแตงกวา 5 เมล็ดต่อหลุม โดยใช้ระยะปลูก 50 × 80 เซนติเมตร เมื่อต้นกล้ามีใบจริง 2–3 ใบ ทำการถอนให้เหลือ 2 ต้นต่อหลุมเพื่อให้การเจริญเติบโตสม่ำเสมอ ในการจัดการธาตุอาหารพืชได้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยรองพื้นในหลุมปลูกก่อนทำการหยอดเมล็ด จากนั้นเมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วันหลังการปลูกใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อต้นกล้ามีอายุ 28 วันหลังการปลูกให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การให้น้ำใช้ระบบพ่นฝอย (ฝนเทียม) วันละ 2 ครั้ง คือช่วงเช้าและบ่าย ยกเว้นวันที่ฝนตก การป้องกันศัตรูพืชใช้วิธีฉีดพ่นคาร์โบซัลแฟน (carbosulfan) อัตรา 2 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตรหลังปลูก 14 และ 28 วัน สลับกับการฉีดพ่นอะบาเม็กติน (abamectin) อัตรา 3 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร หลังปลูก 21 วัน เพื่อควบคุมแมลงศัตรูแตงกวาอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 การปลูกในระบบอินทรีย์ ใช้วิธีการปลูกและการให้น้ำเช่นเดียวกับการปลูกในระบบเคมี โดยใส่ซีโอไลต์ธรรมชาติชนิดผง (ตรางกุ้ง) ตามอัตราที่กำหนดในกรรมวิธีที่ 3–6 การกำจัดวัชพืชทำโดยการถอนด้วยมือเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายต่อรากแตงกวา สำหรับการป้องกันศัตรูพืชใช้สารสกัดจากใบยาสูบในอัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร หมักไว้ 24 ชั่วโมงก่อนนำมาฉีดพ่นทุก 7 วัน เพื่อควบคุมแมลงศัตรูแตงกวาอย่างปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

4. การบันทึกข้อมูล

4.1 สมบัติของดิน การเก็บตัวอย่างดินดำเนินการโดยใช้เครื่องมือเจาะดิน (soil auger) เพื่อสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละแปลงทดลองตามแนวแบบซิกแซก (W-pattern) โดยเก็บดินจากระดับความลึก 0–15 เซนติเมตร จำนวน 5–10 จุดต่อแปลง

จากนั้นนำดินที่เก็บได้มาผสมรวมเป็นตัวอย่างเดียว (composite sample) น้ำหนักประมาณ 1,000 กรัม แล้วนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และบรรจุในถุงพลาสติก ก่อนส่งวิเคราะห์สมบัติของดิน ได้แก่ ธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ธาตุอาหารรอง (Ca และ Mg) อินทรียวัตถุ (OM) และค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

4.2 การเจริญเติบโต

4.2.1 อายุทอดยอด 50 เปอร์เซ็นต์ นับจำนวนวันที่มีจำนวนต้นแตงกวาทอดยอด 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมดในแต่ละซ้ำ

4.2.2 อายุออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ นับจำนวนวันที่มีจำนวนต้นแตงกวาออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมดในแต่ละซ้ำ

4..2.3 อายุเก็บเกี่ยว 50 เปอร์เซ็นต์ นับจำนวนวันที่มีจำนวนต้นแตงกวาที่เก็บเกี่ยวได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมดในแต่ละซ้ำ

4.3 ผลผลิต

4.3.1 จำนวนต้นที่เก็บเกี่ยวได้ คำนวณโดยนับต้นแตงกวาที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดในแต่ละซ้ำ

4.3.2 น้ำหนักผล สุ่มชั่งน้ำหนักแตงกวาจำนวน 20 ผลต่อซ้ำ

4.3.3 ความยาวผล สุ่มวัดความยาวของผลแตงกวาจำนวน 20 ผลต่อซ้ำ

4.3.4 ความกว้างผล สุ่มวัดความกว้างของผลแตงกวาจำนวน 20 ผลต่อซ้ำ

4.3.5 ความยาวไส้ สุ่มวัดความยาวไส้ของผลแตงกวาจำนวน 20 ผลต่อซ้ำ

4.3.6 ความกว้างไส้ สุ่มวัดความกว้างไส้ของผลแตงกวาจำนวน 20 ผลต่อซ้ำ

4.3.7 ความหนาเนื้อ สุ่มวัดความหนาเนื้อของผลแตงกวาจำนวน 20 ผลต่อซ้ำ

4.3.8 ผลผลิตต่อไร่ คำนวณจากการเก็บเกี่ยวผลสดทุกวัน โดยชั่งน้ำหนักรวมของผลผลิตสดที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละแปลง จากนั้นนำมาคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่

4.4 ต้นทุนการผลิต รายได้รวม และผลกำไร ในการทดลองได้บันทึกต้นทุนการผลิต รายได้รวม และผลกำไรของแต่ละกรรมวิธี โดยคำนวณจากข้อมูลต้นทุนวัสดุ ค่าแรง และผลผลิตจริง แล้วแปลงค่าเป็นต่อไร่ เพื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจระหว่างกรรมวิธีต่าง ๆ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินภายหลังการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณธาตุอาหารหลักในดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพบว่าไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มจาก 0.11 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการทดลองเป็น 0.12–0.17 เปอร์เซ็นต์หลังการทดลอง โดยค่าสูงสุดพบในแปลงที่ใช้ซีโอไลต์ 200 กิโลกรัมต่อไร่ (0.17 เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มจาก 37.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็น 190.99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มจาก 69.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็น 355.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 1) สำหรับธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นชัดเจนภายหลังการใช้ซีโอไลต์ โดยแคลเซียมเพิ่มจาก 533.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็น 3,135.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมเพิ่มจาก 117.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็น 332.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแปลงที่ใช้ซีโอไลต์ 200 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงให้เห็นว่าซีโอไลต์มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน กลไกสำคัญเกิดจากโครงสร้างรูพรุนและค่าการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สูงของซีโอไลต์ทำให้ดินสามารถกักเก็บและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารได้ดีขึ้น ลดการสูญเสียจากการชะล้างและการตรึงธาตุ

อาหารในดิน ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้นเหมาะสมต่อการปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ (Cataldo et al., 2021) นอกจากนี้ การใช้ซีโอไลต์ยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินจาก 2.10 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการทดลองเป็น 3.23 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงที่ใช้ซีโอไลต์ 100 กิโลกรัมต่อไร่ และช่วยปรับค่าความเป็นกรด–ด่างของดินจาก 4.85 (เป็นกรดจัด) เป็น 7.57 (เกือบเป็นกลาง) ในแปลงที่ใช้ซีโอไลต์ 200 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของซีโอไลต์ในการปรับสภาพดินให้เหมาะสมต่อการย่อยสลายและการสะสมสารอินทรีย์ ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารของพืช (Yaqoobi et al., 2023) ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนว่าการใช้ซีโอไลต์สามารถยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และมีความสอดคล้องกับผลการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาที่ดีขึ้นในระบบเกษตรอินทรีย์

Table 1 Soil properties before and after the experiment

Soil	Soil properties						
	Total N (%)	Available P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	O.M. (%)	pH
Before the experiment	0.11	37.18	69.21	533.40	117.85	2.10	4.85
After the experiment (treatments)							
Conventional cultivation using chemicals	0.14	165.17	330.73	1,469.30	217.89	2.70	6.35
Organic cultivation without zeolite	0.13	160.40	284.49	1,863.80	250.68	2.56	7.10
Organic cultivation with zeolite at 50 kg/rai	0.16	181.65	281.09	2,144.36	243.75	2.90	7.23
Organic cultivation with zeolite at 100 kg/rai	0.15	184.32	241.12	2,827.79	301.58	3.23	7.58
Organic cultivation with zeolite at 150 kg/rai	0.12	160.15	286.66	1,916.96	260.76	2.70	7.46
Organic cultivation with zeolite at 200 kg/rai	0.17	190.99	355.40	3,135.89	332.61	2.97	7.57

Note: Central Analytical Laboratory, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, Thailand

2. การเจริญเติบโต

การปลูกแตงกวาในระบบเคมีทำให้มีอายุทอดยอด 50 เปอร์เซ็นต์เร็วที่สุดเท่ากับ 19.0 วันหลังปลูก รองลงมาคือการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์ในอัตรา 50, 100, 150 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ที่มีอายุทอดยอด 50 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 21.3 วันหลังปลูก ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ขณะที่การปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยไม่ใช้ซีโอไลต์ทำให้มีอายุทอดยอด 50 เปอร์เซ็นต์ช้าที่สุดเท่ากับ 22.5 วันหลังปลูก สำหรับอายุออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์ทุกอัตรามีอายุออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 29.0–29.5 วันหลังปลูก และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกแตงกวาในระบบเคมี แต่การใช้ซีโอไลต์ทั้งสี่ระดับมีแนวโน้มทำให้แตงกวาออกดอกเร็วกว่าแตงกวาที่ปลูกในระบบเคมีและในระบบอินทรีย์โดยไม่ใช้ซีโอไลต์ สำหรับอายุเก็บเกี่ยว 50 เปอร์เซ็นต์ การปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์ทุกกรรมวิธีมีอายุเก็บเกี่ยว 50 เปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 42.8–44.8 วันหลังปลูก โดยเฉพาะการใช้ซีโอไลต์อัตรา 50 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้แตงกวามีอายุเก็บเกี่ยว 50 เปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 42.8-44.0 วันหลังปลูก ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับแตงกวาที่ปลูกในระบบเคมีที่มีอายุเก็บเกี่ยว 50 เปอร์เซ็นต์ 42.0 วันหลังปลูก (Table 2) จากผลการศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของแตงกวาพบว่าการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์มีอายุทอดยอด 50 เปอร์เซ็นต์ และอายุเก็บเกี่ยว 50 เปอร์เซ็นต์ช้ากว่าการปลูกในระบบเคมี เนื่องจากการปลูกใน

ระบบเคมีใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ซึ่งมีธาตุอาหารหลักในรูปแบบที่สามารถปลดปล่อยและถูกพืชดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว (ศริษฐ์สพล และคณะ, 2560) ทำให้แตงกวาที่ปลูกในระบบดังกล่าวสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเทียบกับการปลูกในระบบอินทรีย์

Table 2 Effect of zeolite on time to 50% vine elongation, time to 50% flowering, and time to 50% harvest of cucumber grown under organic cultivation compared with chemical cultivation

Treatment	Time to 50% vine elongation (DAP)	Time to 50% flowering (DAP)	Time to 50% harvest (DAP)
Conventional cultivation using chemicals	19.0^{c}	29.5	42.0^{b}
Organic cultivation without zeolite	22.5^{a}	29.5	44.5^{a}
Organic cultivation with zeolite at 50 kg/rai	21.3^{b}	29.3	42.8^{ab}
Organic cultivation with zeolite at 100 kg/rai	21.3^{b}	29.3	44.0^{ab}
Organic cultivation with zeolite at 150 kg/rai	21.3^{b}	29.0	44.8^{a}
Organic cultivation with zeolite at 200 kg/rai	21.3^{b}	29.0	44.8^{a}
F-test	*	ns	*
C.V. (%)	2.8	1.4	3.3

Note: DAT = Days after planting

ns = not significantly different; * = significantly different at $P \leq 0.05$

Values sharing the same superscript letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) by Duncan's multiple range test.

3. ผลผลิต

การปลูกแตงกวาทั้งในระบบอินทรีย์และระบบเคมีให้จำนวนต้นที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 93.7–94.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อศึกษาน้ำหนักผลพบว่าการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 50, 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักผลอยู่ในช่วง 206.7-222.3 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับแตงกวาที่ปลูกในระบบเคมี (225.0 กรัมต่อผล) ขณะที่การปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์ 200 กิโลกรัมต่อไร่และไม่ใช้ซีโอไลต์มีน้ำหนักผลค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 181.5-196.4 กรัมต่อผล สำหรับความยาวผลพบว่าการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์ทุกอัตราให้ความยาวผลสูงในช่วง 16.5–17.6 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับแตงกวาที่ปลูกในระบบเคมี (17.9 เซนติเมตร) ส่วนการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยไม่ใช้ซีโอไลต์มีความยาวผลค่อนข้างต่ำเท่ากับ 15.7 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 50 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับความกว้างผล การปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 50, 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ให้ความกว้างผลสูงอยู่ในช่วง 4.4–4.5 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับการปลูกในระบบเคมี ส่วนการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่และไม่ใช้ซีโอไลต์มีความกว้างผลรองลงมาอยู่ในช่วง 4.3-3.9 เซนติเมตร (Table 3)

Table 3 Effect of zeolite on the harvested plants, fruit weight, fruit length, and fruit width of cucumber grown under organic cultivation compared with chemical cultivation

Treatment	Harvested plants (%)	Fruit weight (g/fruit)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)
Conventional cultivation using chemicals	93.8	225.0^{a}	17.9^{a}	4.6^{a}
Organic cultivation without zeolite	93.8	181.5^{c}	15.7^{b}	3.9^{c}
Organic cultivation with zeolite at 50 kg/rai	93.7	206.7^{ab}	16.7^{ab}	4.4^{ab}
Organic cultivation with zeolite at 100 kg/rai	93.7	219.8^{ab}	17.4^{a}	4.4^{ab}
Organic cultivation with zeolite at 150 kg/rai	92.9	222.3^{a}	17.6^{a}	4.5^{ab}
Organic cultivation with zeolite at 200 kg/rai	94.0	196.4^{bc}	16.5^{ab}	4.3^{b}
F-test	ns	*	*	*
C.V. (%)	2.6	7.4	5.5	3.5

Note: ns = not significantly different; * = significantly different at P ≤ 0.05

Values sharing the same superscript letters are not significantly different (P ≤ 0.05) by Duncan's multiple range test.

การปลูกแตงกวาในระบบเคมีมีความยาวไส้สูงเท่ากับ 15.2 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05) กับการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งมีความยาวไส้อยู่ในช่วง 14.6-14.8 เซนติเมตร รองลงมาคือการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (14.3 เซนติเมตร) ส่วนการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่และไม่ใช้ซีโอไลต์มีความยาวไส้ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 13.9-14.0 เซนติเมตร สำหรับความกว้างไส้พบว่าการปลูกแตงกวาในระบบเคมีให้ความกว้างไส้สูงสุดเท่ากับ 3.4 เซนติเมตร ส่วนการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์ทุกกรรมวิธีมีความกว้างไส้รองลงมาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05) อยู่ในช่วง 2.7–3.1 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม การใช้ซีโอไลต์อัตรา 50, 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ในระบบอินทรีย์มีแนวโน้มทำให้ความกว้างไส้ใกล้เคียงกับแตงกวาที่ปลูกในระบบเคมี นอกจากนี้ ผลการศึกษายังพบว่าแตงกวาที่ปลูกในทุกกรรมวิธีมีความหนาเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P ≤ 0.05) อยู่ในช่วง 1.0–1.1 เซนติเมตร สำหรับผลผลิตต่อไร่ การปลูกแตงกวาในระบบเคมีให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 5,051.4 กิโลกรัม ต่อมาคือการปลูกในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 150, 100 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตต่อไร่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05) อยู่ในช่วง 3,950.9-4,251.6 กิโลกรัม ส่วนการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่และไม่ใช้ซีโอไลต์ให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าอยู่ในช่วง 2,785.4-2,950.4 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 4) การพิจารณาข้อมูลลักษณะการให้ผลผลิตพบว่าการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 50, 100, 150 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ให้ลักษณะผลผลิตในด้านน้ำหนักผล ความยาวผล และความกว้างผลสูงกว่าการไม่ใช้ซีโอไลต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในระบบเคมีพบว่าการใช้ซีโอไลต์ในอัตรา 50, 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ให้ผลน้ำหนักผลอยู่ในช่วง 206.7–222.3 กรัมต่อผล ความยาวผลอยู่ในช่วง 16.7–17.6 เซนติเมตร และความกว้างผลอยู่ในช่วง 4.4–4.5 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05) กับการปลูกแตงกวาในระบบเคมีที่ให้น้ำหนักผล ความยาวผล และความกว้างผลเท่ากับ 225.0 กรัมต่อผล, 17.9 เซนติเมตร และ 4.6 เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Bozorgi et al. (2012) ที่พบว่าการปลูกแตงกวาโดยใช้ซีโอไลต์อัตรา 64 และ 128 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้แตงกวามีความยาวผลสูงกว่าการไม่ใช้ซีโอไลต์ เมื่อพิจารณาผลผลิตต่อไร่พบว่าการปลูกแตงกวาในระบบ

อินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์ทุกอัตราให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใช้ซีโอไลต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าซีโอไลต์สามารถเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้ อาจเพราะซีโอไลต์ช่วยให้ต้นพืชดูดซึมธาตุอาหารจากดินได้มากและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและธาตุอาหาร รวมทั้งสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกได้ดีทำให้การชะล้างไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมในดินเกิดขึ้นน้อยกว่าการไม่ใช้สารซีโอไลต์ อีกทั้งซีโอไลต์ยังค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารให้พืชใช้ประโยชน์ได้ (อัจฉรา, 2542) และเมื่อสลายตัวยังปลดปล่อยแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส ซิลิกอน แคลเซียม และแมกนีเซียม (ธีรยุทธ, 2547; Cataldo et al., 2021) ส่งผลให้แตงกวาที่ปลูกในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์มีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใช้ซีโอไลต์

Table 4 Effect of zeolite on core length, core width, flesh thickness, and yield per rai of cucumber grown under organic cultivation compared with chemical cultivation

Treatment	core length (cm)	core width (cm)	flesh thickness (cm)	yield per rai (kg)
Chemical cultivation	15.2^{a}	3.4^{a}	1.1	5,051.4^{a}
Without zeolite	13.9^{c}	2.7^{b}	1.1	2,785.4^{c}
Zeolite at 50 kg/rai	14.3^{bc}	3.0^{b}	1.1	3,950.9^{b}
Zeolite at 100 kg/rai	14.6^{ab}	3.0^{b}	1.1	4,018.7^{b}
Zeolite at 150 kg/rai	14.8^{ab}	3.1^{b}	1.1	4,251.6^{b}
Zeolite at 200 kg/rai	14.0^{c}	2.8^{b}	1.0	2,950.4^{c}
F-test	*	*	ns	*
C.V. (%)	2.7	6.4	7.1	9.5

Note: ns = not significantly different; * = significantly different at $P \leq 0.05$

Values sharing the same superscript letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) by Duncan's multiple range test.

4. ต้นทุนการผลิตแตงกวาที่ปลูกในระบบเคมีและระบบอินทรีย์

ต้นทุนการผลิตแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยไม่ใช้ซีโอไลต์และใช้ซีโอไลต์อัตรา 50, 100, 150 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนการผลิตรวมเท่ากับ 19,916, 20,156, 20,486, 20,816 และ 21,146 บาทตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าการปลูกแตงกวาในระบบเคมีซึ่งมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าเท่ากับ 21,723 บาท (Table 5) โดยราคาจำหน่ายแตงกวาในระบบเคมีอยู่ที่กิโลกรัมละ 10 บาท ซึ่งเป็นราคาตลาดทั่วไป ส่วนแตงกวาในระบบอินทรีย์จำหน่ายกิโลกรัมละ 13 บาท ซึ่งคำนวณจากราคาผลผลิตพืชผักอินทรีย์ที่สูงกว่าผักทั่วไป 20–30 เปอร์เซ็นต์ (คริษฐ์สพล, 2558) จากการคำนวณรายได้หักต้นทุนพบว่าการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยไม่ใช้ซีโอไลต์และใช้ซีโอไลต์อัตรา 50, 100, 150 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่มีผลกำไรต่อไร่เท่ากับ 16,294, 31,206, 31,757, 34,454 และ 17,209 บาทตามลำดับ (Table 5) โดยการใช้ซีโอไลต์อัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่ให้ผลกำไรสูงสุด 34,454 บาท ส่วนอัตรา 100 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลกำไรรองลงมา 31,757 และ 31,206 บาท ตามลำดับ แม้ว่าการปลูกแตงกวาในระบบอินทรีย์โดยใช้ซีโอไลต์ทั้งสามอัตราจะให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าการปลูกในระบบเคมี แต่สามารถสร้างผลกำไรต่อไร่สูงกว่า เพราะสามารถจำหน่ายผลผลิตได้ในราคาที่สูงกว่าผลผลิตในระบบเคมีประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (Table 5)

Table 5 Production cost, total revenue, and profit of cucumbers grown under chemical cultivation and organic cultivation with zeolite at rates of 0, 50, 100, 150, and 200 kg/rai

Item	Cucumber production cost per rai (Baht)					
	Chemicals	Zeolite application rate (kg/rai)				
		0	50	100	150	200
1. Variable cost						
1.1 Seed	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
1.2 Zeolite	-	-	300	600	900	1,200
1.3 Cow manure	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
1.4 Chemical fertilizer formula 46-0-0	405	-	-	-	-	-
1.5 Chemical fertilizer formula 15-15-15	1,320	-	-	-	-	-
1.6 Labor cost for management	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
1.7 Overhead cost (including water)	1,775	1,602	1,632	1,662	1,692	1,722
2. Fixed cost						
2.1 Cost of trellis wood	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704
2.2 Cost of other equipment	500	500	500	500	500	500
3. Total cost per rai	21,723	19,916	20,156	20,486	20,816	21,146
4. Total revenue per rai	50,514	36,210	51,362	52,243	55,271	38,355
5. Profit per rai	28,791	16, 294	31,206	31,757	34,454	17,209

Note: The production costs and selling prices for cucumbers are as follows. The seed cost was calculated based on the amount used, 150 g per rai, with a price of 340 Baht per 50 g can. The cost of zeolite was 120 Baht per 20 kg bag, equivalent to 6 Baht per kg. Cow manure cost 60 Baht per 20 kg bag, equivalent to 3 Baht per kg. Chemical fertilizers were applied as follows: 46-0-0 at 25 kg per rai, priced at 810 Baht per 50 kg bag, and 15-15-15 at 75 kg per rai, priced at 880 Baht per 50 kg bag. Field maintenance labor was calculated at an average of 4 hours per day with a daily wage of 300 Baht. Overhead costs were estimated as 10% of the total variable costs. Trellis costs were calculated using straight-line depreciation, considering 4,089 trellises per rai, each priced at 5 Baht, with a useful life of 3 years and 4 crops produced per year. Finally, cucumbers grown under the chemical system were sold at 10 Baht per kg, whereas those grown under the organic system were sold at 13 Baht per kg.

สรุป

การใช้ซีโอไลต์ในการเพาะปลูกแตงกวาภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน โดยช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักและปรับค่าความเป็นกรด–ด่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลให้แตงกวามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงขึ้น โดยเฉพาะการใช้ซีโอไลต์ในอัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลดีที่สุดทั้งในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ การใช้ซีโอไลต์ในระดับดังกล่าวจึงถือ

เป็นแนวทางที่เหมาะสมและมีศักยภาพในการผลิตแตงกวาอินทรีย์อย่างยั่งยืนทั้งในด้านการเพิ่มผลผลิต การลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมี และการรักษาสมดุลของระบบนิเวศเกษตรในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2568. รายงานข้อมูลภาวะการผลิแตงกวาปีการเพาะปลูก 2567/2568. https://surl.li/eyrtid. ค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2568.

คริษฐ์สพล หนูพรหม. 2558. การผลิตผักอินทร์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23: 955-969.

คริษฐ์สพล หนูพรหม, อมรรัตน์ ชุมทอง, และพงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์. 2560. ผลของมูลโคและน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของบรอคโคลี. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 25: 627-638.

นภา ขันสุภา, วิรัติ อำพันธุ์, ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์, และกิตติพงศ์ วรกิจพาณิชย์. 2557. ศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตแตงกวา 4 สายพันธุ์. แก่นเกษตร 42(พิเศษ): 931-934.

ธีรยุทธ พลเจริญ. 2547. ผลของการใช้ซีโอไลท์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกในดินชุดดินนครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

อัจฉรา เจริญทอง. 2542. การดูดซับปุ๋ยอนินทรีย์และฮอร์โมนพืชโยแร่ซีโอไลต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อิสริยาภรณ ดำรงรักษ์, ฮุซนา มะบายะ, และอัมนา กาเวง. 2566. การเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาที่ปลูกภายใต้โรงเรือนโดยใชปุ๋ยอินทรียและปุ๋ยเคมี. น. 955-962. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 8 และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 1, 21-22 กุมภาพันธ์ 2566. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, สงขลา.

Bozorgi, H. R., S. Bidarigh, E. Azarpour, R. K. Danesh, and M. Moraditochaee. 2012. Effect of natural zeolite application under foliar spraying with humic acid on yield and yield components of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Int. J. Agric. Crop Sci. 4: 1485–1488.

Cataldo, E., L. Salvi, F. Paoli, M. Fucile, G. Masciandaro, D. Manzi, C. M. Masini, and G. B. Mattii. 2021. Application of zeolites in agriculture and other potential uses: a review. Agronomy 11: 1547.

Javid, H., U. Fatima, A. Rukhsar, S. Hussain, S. Bibi, M. A. Bodlah, H. Shahzad, M. Dilshad, M. Waqas, and A. Sharif. 2024. Phytochemical, nutritional and medicinal profile of *Cucumis sativus* L. (Cucumber). Food Sci. Eng. 5: 358-377.

Mondal, M., B. Biswas, S. Garai, S. Sarkar, H. Banerjee, K. Brahmachari, P. K. Bandyopadhyay, S. Maitra, M. Brestic, M. Skalicky, P. Ondrisik, and A. Hossain. 2021. Zeolites enhance soil health, crop productivity and environmental safety. Agronomy 11: 1-29.

Nooprom, K, M. Pongsak, and S. Apiratikorn. 2021. Effect of zeolite on the growth and yield of broccoli in the dry season. PST 9: 76-80

Röös, E., A. Mie, M. Wivstad, E. Salomon, B. Johansson, S. Gunnarsson, A. Wallenbeck, R. Hoffmann, U. Nilsson, C. Sundberg, and C. A. Watson. 2018. Risk and opportunities of increasing yields in organic farming. a review. Agron. Sustain. Dev. 38: 14.

Seufert, V., N. Ramankutty, and J. A. Foley. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature 485: 229–232.

Tuzel, Y., A. Gul, O. Tuncay, D. Anac, N. Madanlar, Z. Yoldas, M. Gumus, I.H. Tuzel, and S. Engindeniz. 2005. Organic cucumber production in the greenhouse: a case study from Turkey. Renew. Agric. Food Syst. 20: 206–213.

Vassilina, T., B. Nasiyev, G. Rvaidarova, A. Shibikeyeva, N. Seitkali, A. Salykova, and Z. Yertayeva. 2023. The effects of clinoptilolite type of zeolite and synthesised zeoliteenriched fertilizer on yield parameters of Cucumber (*Cucumis sativus*) plant and some chemical properties in dark chestnut soil. Eurasian J. Soil Sci. 12: 277-281.

Yaqoobi, K. A., S. A. Sayedi, N. Mohamadi, Z. Tani, and G. D. Saeedi. 2023. Evaluation of urban-waste compost and natural zeolite effects on chemical properties of saline soil. Int. J. Agric. Plant Sci. 5: 5–10.

Yılmaza, E., İ. Sönmeza, and H. Demirb. 2014. Effects of zeolite on seedling quality and nutrient contents of cucumber plant (*Cucumis sativus* L. cv. Mostar F1) grown in different mixtures of growing media. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 00:1-11.

Zhang, J., S. Feng, J. Yuan, C. Wang, T. Lu, H. Wang, and Chao Yu. 2021. The formation of fruit quality in *Cucumis sativus* L. Front. Plant Sci. 12: 1-10.