บทความวิจัย (Research Article)

ผลของการให้แคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนทานตะวัน

เปรมหทัย เขื่อนวัง[1], ยศวัฒน์ คำสมุทร[1], วิชุดา พิมพ์ตะยาน[1], บุญร่วม คิดค้า[1] และ วาสนา พิทักษ์พล[1*]

Effects of preharvest applications of calcium lactate and calcium chloride on the growth, yield and postharvest quality of sunflower microgreens

Premhathai Khueanwang[1], Yodsawat Kamsamut[1], Wisuda Pimtayan[1], Bunruam Khitka[1] and Wasna Pithakpol[1*]

[1] Program in Agricultural Science, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao Province 56000, Thailand

* Corresponding author, E-mail: pi.wasna24@gmail.com

Health Science, Science and Technology Reviews. 2025;18(2):47-61.

Received: 25 April 2025; Revised: 29 July 2025; Accepted: 19 August 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการพ่นสารละลายแคลเซียมก่อนการเก็บเกี่ยวต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนทานตะวัน การทดลองจัดแบบ 2x5 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) ชนิดของแคลเซียม 2 ชนิด (แคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์) และ 2) ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ (0, 0.04, 0.4, 0.8 และ 1.6%) โดยพ่นสารละลายในช่วงวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ด และเก็บเกี่ยวในวันที่ 7 จากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (10±2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2%) เป็นเวลา 24 วัน ผลการศึกษาพบว่า ชนิดของสารแคลเซียมไม่มีผลต่อความสูง น้ำหนัก ความยาวราก และความยาวใบ แต่มีผลต่อความกว้างใบและผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามแคลเซียมแลคเตทให้ผลผลิต น้ำหนักสดสูงกว่าแคลเซียมคลอไรด์ ส่วนระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% ส่งผลให้ต้นอ่อนมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าระดับอื่นๆ ในด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าการพ่นแคลเซียมสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและรักษาคุณภาพได้ดี โดยแคลเซียมแลคเตทลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าแคลเซียมคลอไรด์ นอกจากนี้ความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอเปลี่ยนแปลงสีใบ ลดการเน่า และการช้ำของใบ ส่งผลให้คุณภาพโดยรวมดี เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของแคลเซียมกับระดับความเข้มข้นพบว่าสารละลายแคลเซียมแลคเตท ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% มีผลผลิตสูงกว่าและช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ รวมทั้งมีต้นทุนการผลิตต่ำและให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีมีกำไรมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

คำสำคัญ: แคลเซียมแลคเตท, แคลเซียมคลอไรด์, คุณภาพ, ผลผลิต, ต้นอ่อนทานตะวัน

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000 ประเทศไทย

Abstract

The objective of this research was to study the effects of pre-harvest spraying of calcium on the growth, yield, and postharvest quality of sunflower microgreens. The experiment was designed using a Factorial in Completely Randomized Design with two factors: 1) Two types of calcium (calcium lactate and calcium chloride, $CaCl_2$) and 2) Five levels of calcium concentration (0, 0.04, 0.4, 0.8, and 1.6%). Calcium solutions were daily sprayed to sunflower microgreens during 4-6 days after seed sowing and microgreens were harvested at 7^{th} days, packed in plastic tray and stored at low temperature (10±2°C 80±2%RH) for 24 days. Results indicated that type of calcium had no significant effect on plant height, shoot weight, root length, or leaf length. However, it significantly affected on yield that spraying with calcium lactate solution causes sunflower microgreens to have higher yield than $CaCl_2$ spraying. Regarding calcium concentration, the 0.04 and 0.4% resulted in higher yield than the other levels. As for the postharvest quality during 24 days at low temperature storage, calcium spraying has been shown to slow down weight loss and maintain quality. Sunflower microgreens sprayed with calcium lactate solution have a lower weight loss than $CaCl_2$ solution, and in addition, calcium solution at 0.40 and 0.04% reduce weight loss, slow down leaf color change, and reduces bruising and decay of leaves and has better overall quality than other treatments, When considering interaction between calcium type and concentration levels, it was found that calcium lactate at 0.04 and 0.4% had higher yield and lower weight loss than the other treatments, as well as the lower production costs and higher profit than the other treatments.

Keywords: Calcium lactate, Calcium chloride, Quality, Yield, Sunflower microgreen

บทนำ

ไมโครกรีนทานตะวันหรือต้นอ่อนทานตะวัน (Sunflower microgreens, *Helianthus annuus* L.) ได้จากการเพาะเมล็ดทานตะวันให้งอกและเก็บเกี่ยวต้นอ่อนที่มีอายุ 7-11 วันหลังเพาะเมล็ด โดยปัจจุบันกระแสการบริโภคต้นอ่อนเพื่อเป็นอาหารสุขภาพได้รับความนิยมและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้นอ่อนมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผักใบเขียวที่โตเต็มที่ ต้นอ่อนทานตะวัน 100 กรัมประกอบด้วยโปรตีน 2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 2.4 กรัม ไขมัน 4.7 กรัม ใยอาหาร 1.2 กรัม และพลังงาน 53 กิโลแคลอรี รวมทั้งยังมีสารอาหารอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 6 วิตามินอี วิตามินซี ธาตุเหล็ก และโฟเลต รวมทั้งกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ โอเมก้า 3 6 และ 9 และมีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีนอลิก และกรด GABA (gamma-aminobutyric acid) ซึ่งเป็นสารสื่อกระแสประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง ช่วยรักษาความสมดุลในสมองและช่วยในการบำรุงเซลล์สมอง [1] นอกจากนั้นกระบวนการผลิตต้นอ่อนทานตะวันทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อนแต่ให้ผลตอบแทนที่มีมูลค่าสูง โดยการเพาะใช้พื้นที่น้อย วัสดุปลูกหาได้ง่ายในพื้นที่ รวมทั้งใช้ระยะเวลาการเพาะปลูกที่สั้น สามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วโดยอายุตั้งแต่เพาะจนถึงเก็บเกี่ยวไม่เกิน 11 วัน รวมทั้งได้ต้นอ่อนที่ปลอดภัยจากสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช [2]

ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของต้นอ่อนทานตะวันคือมีอายุการเก็บรักษาสั้นจากการสูญเสียน้ำหนักเหี่ยว เน่าเสียง่าย สูญเสียความสด เนื่องจากเก็บเกี่ยวต้นอ่อนในช่วงแรกของการเจริญเติบโตมีอัตราการหายใจสูง [3] ส่งผลให้ต้นอ่อนเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วและมีอายุการวางจำหน่ายสั้นเมื่อเทียบกับผักใบเขียวที่โตเต็มที่ ซึ่งมีอายุประมาณ 3-5 วันที่อุณหภูมิห้อง โดยมีรายงานว่าการให้แคลเซียม (Ca) มีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต การพัฒนา การรักษาคุณภาพ ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของใบและการสุก และยังยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้

โดยแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหนึ่งของเพคตินในผนังเซลล์พืช ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรงและเพิ่มแรงดึงระหว่างเซลล์พืช คงความแน่นเนื้อ ความสดของผักและผลไม้ [4] รวมทั้งแคลเซียมมีผลต่อการชักนำการปิดปากใบ ซึ่งมีผลต่อการสูญเสียน้ำและความชื้นในพืช โดยมีรายงานว่าการให้แคลเซียมกับผลิตผลโดยการฉีดพ่นทางใบก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นวิธีการที่เพิ่มปริมาณแคลเซียมที่ได้ผลดีที่สุด [5] และมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตจึงเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ทางการเกษตร [6] โดยแคลเซียมแลคเตทมีประโยชน์ในการรักษาเนื้อสัมผัส ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์สดและผลิตภัณฑ์แปรรูปเช่นเดียวกันแคลเซียมคลอไรด์แต่ไม่ทำให้เกิดรสขมและกลิ่นแปลกปลอมตกค้าง [7] รวมทั้งจำหน่ายในราคาถูก หาซื้อได้ง่ายและได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาให้ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารได้ [8] โดยมีรายงานว่าการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทางใบความเข้มข้น 20 มิลลิโมลลาร์ และแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 1.5% ให้กับผักกาดหอม สามารถเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตสด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ [9] และ [10] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมแลคเตท และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนทานตะวัน

วัสดุและวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง 2 × 5 Factorial in Completety Randomized Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยปัจจัยที่ 1 คือชนิดของแคลเซียม 2 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมแลคเตท (Calcium lactate (Netherlands)® และแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$ Food Grade) ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความเข้มข้นของแคลเซียม 5 ระดับ ได้แก่ 0, 0.04, 0.4, 0.8 และ 1.6%

การเพาะเมล็ดและเก็บเกี่ยวต้นอ่อน นำเมล็ดทานตะวัน (สายพันธุ์ลายไทย®) มาแช่ในน้ำสะอาด เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดมาบ่มในที่มืดไม่มีแสงโดยการคลุมด้วยพลาสติกสีดำ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำเมล็ดทานตะวัน (50 กรัม) มาหว่านกระจายให้สม่ำเสมอบนวัสดุปลูก (ขุยมะพร้าวที่ผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อกำจัดสารแทนนินออกให้หมด) ใช้ถาดเพาะขนาดกว้าง 22.50 เซนติเมตร ยาว 27.50 เซนติเมตร สูง 10.00 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการพ่นต้นอ่อนด้วยน้ำสะอาด (Deionized Water, pH=7) โดยในช่วงวันที่ 1-3 หลังเพาะเมล็ดทำการพ่นด้วยน้ำสะอาด 2 เวลาคือในช่วงเช้า และช่วงเย็น โดยแต่ละช่วงจะพ่นในปริมาตร 200 มิลลิลิตร จากนั้นในวันที่ 4-6 หลังเพาะเมล็ด นำต้นอ่อนทานตะวันมารับแสงและทำการพ่นสารละลายแคลเซียมแลคเตท และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ตามกรรมวิธีที่กำหนดและฉีดพ่นในปริมาตรเดียวกัน และในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ด ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนโดยใช้มีดที่คมและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยแฮลกอฮอล์ ตัดโคนต้นเหนือดินประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นส่วนไฮโปคอทิล และใบเลี้ยง คัดแยกต้นที่ไม่สมบูรณ์ ต้นที่เป็นโรค และสิ่งปนเปื้อนออก

การเก็บรักษา นำต้นอ่อนที่มีคุณภาพดี สมบูรณ์ ไม่มีโรค ใบสีเขียว มาใช้ในการทดลอง โดยบรรจุต้นอ่อนในกล่องพลาสติกโพลีสไตรีน (บรรจุ 70 กรัมต่อกล่องพลาสติกโพลีสไตรีน TC- 4HA กล่องใส ขนาด 16×11×4 เซนติเมตร มีฝาล็อค ไม่เป็นไอน้ำ) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10±2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นระยะเวลา 24 วัน

การบันทึกผลการทดลอง

ประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) และต้นทุนการผลิต

การเจริญเติบโตและผลผลิต ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนทานตะวันในวันที่ 7 หลังเพาะเมล็ด จากนั้นทำการบันทึกผลการเจริญเติบโตได้แก่ 1) น้ำหนักต่อต้นและผลผลิตต่อตะกร้า ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius CP 3202 S) 2) ความสูงต้น ความยาวราก ความกว้างใบเลี้ยงและความยาวใบเลี้ยง โดยใช้ดิจิตัลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ 3) ค่าความเขียวของใบ (Greenness value, SPAD unit) โดยวัดบริเวณกลางใบของใบเลี้ยงต้นอ่อนทานตะวัน ด้วยเครื่อง Chlorophyll meter (SPAD-502Plus, บริษัท Konica Minolta, ประเทศญี่ปุ่น)

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) นำต้นอ่อนทานตะวันไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10±2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นระยะเวลา 24 วัน ทำการประเมินคุณภาพดังนี้

1) การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss %) ชั่งต้นอ่อนทานตะวันด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius CP 3202 S) ทำการประเมินทุก 7 วัน จากนั้นนำมาคำนวณ % การสูญเสียน้ำหนัก โดยสมการ

$$\text{Weight loss (\%)} = \frac{(\text{Start weight} - \text{Last weight}) \times 100}{\text{Start weight}}$$

2) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ (Quality changed) โดยดัดแปลงตามการประเมินของ Poondee และ Nimchit [3] ทำการประเมินทุก 5 วัน ได้แก่

2.1) การเปลี่ยนแปลงสีใบ (Leaf color change) โดยใช้ค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงของสี 5 ระดับ คือ คะแนน 5 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเขียวมาก คะแนน 4 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเขียว คะแนน 3 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองเล็กน้อยร้อยละ 25 คะแนน 2 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองร้อยละ 50 และคะแนน 1 หมายถึง ใบต้นอ่อนทานตะวันมีสีเหลืองมากกว่าร้อยละ 50

2.2) ประเมินลักษณะที่ปรากฏ (Appearance quality) โดยใช้ค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของต้นอ่อนทานตะวัน 5 ระดับ คือคะแนน 5 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะสดมาก ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา คะแนน 4 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะสด ไม่เหี่ยว ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา คะแนน 3 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ช้ำ และไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา คะแนน 2 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยว เริ่มเน่า เริ่มช้ำ และเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา และคะแนน 1 หมายถึง ต้นอ่อนทานตะวันมีลักษณะเหี่ยว เน่า ช้ำ มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา

2.3) คุณภาพโดยรวม (Overall quality) โดยใช้ค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงสีและลักษณะที่ปรากฏของต้นอ่อนทานตะวัน 5 ระดับ คือคะแนน 5 หมายถึง คุณภาพดีมาก คะแนน 4 หมายถึง คุณภาพดี คะแนน 3 หมายถึง คุณภาพยอมรับได้ คะแนน 2 หมายถึง คุณภาพไม่ค่อยดี และคะแนน 1 หมายถึง คุณภาพไม่ดี

3) ค่าความเขียวของใบ (Greenness value, SPAD unit) ประเมินค่าความเขียวของใบ โดยวัดบริเวณกลางใบของใบเลี้ยงต้นอ่อนทานตะวัน ด้วยเครื่อง Chlorophyll meter (SPAD-502Plus, บริษัท Konica Minolta, ประเทศญี่ปุ่น) โดยทำการประเมินทุก 7 วัน

4) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Total chlorophyll) ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นอ่อนทานตะวันตามวิธีการของ Witham et al. [11] โดยทำการประเมินทุก 7 วัน

ต้นทุนการผลิต

ทำการวิเคราะห์สูตรทางการบัญชีโดยใช้สูตรวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย [12] ต้นทุนทั้งหมดในการผลิตต้นอ่อนทานตะวัน คือ ค่าวัสดุเพาะ ค่าเมล็ดพันธุ์ และค่าสารละลาย สูตร กำไร (Profit) = รายได้ – ต้นทุนทั้งหมด

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variances: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม R Version 4.2.3.

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโตและผลผลิต

การพ่นแคลเซียม 2 ชนิด คือแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันให้กับต้นอ่อนทานตะวันในวันที่ 3-6 หลังเพาะเมล็ด จากนั้นทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน นำมาวัดการเจริญเติบโตพบว่าแคลเซียมทั้ง 2 ชนิดคือแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีความสูง น้ำหนัก ความยาวราก และความยาวใบ ใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ชนิดของแคลเซียมมีผลต่อผลผลิต โดยที่การพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีผลผลิตมากกว่าการพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยมีผลผลิต 105.46 กรัมต่อตะกร้า (1,701 กรัมต่อตารางเมตร) และ 94.40 กรัมต่อตะกร้า (1,523 กรัมต่อตารางเมตร) ตามลำดับ สำหรับระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมพบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโต (ความสูงต้น น้ำหนักต้น ความยาวราก ความกว้างใบ ความยาวใบ) และผลผลิตของต้นอ่อนทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยที่สารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 0.04% ทำให้ผลผลิตมากกว่าระดับความเข้มข้นอื่นๆ โดยมีผลผลิต 112.78 กรัมต่อตะกร้า หรือ 1,819 กรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือสารละลายแคลเซียม 0.4% ให้ผลผลิต 107.41 ต่อตะกร้าหรือ 1,732 กรัมต่อตารางเมตร) แต่การให้สารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นตั้งแต่ 0.8% มีผลให้ต้นอ่อนทานตะวันมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง โดยที่แคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 1.6% พบว่าต้นอ่อนทานตะวันมีความสูงและผลผลิตน้อยที่สุด 10.97 เซนติเมตร และ 83.1 กรัมต่อตะกร้า หรือ 1,340 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของแคลเซียมกับระดับความเข้มข้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารละลายแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 0.8% ทำให้มีความสูงต้นสูงที่สุด 13.37 เซนติเมตร และสารละลายแคลเซียมแลคเตท ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% ทำให้มีผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 116.04 กรัมต่อตะกร้า (1,871.61 กรัมต่อตารางเมตร) และ113.20 กรัมต่อตะกร้า (1,825.81 กรัมต่อตารางเมตร ดังแสดงใน (Table 1)

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนทานตะวันในระหว่างการเก็บรักษา

การสูญเสียน้ำหนัก นำต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ10±2°C เป็นระยะเวลา 24 วันทำการประเมินการสูญเสียน้ำหนักแสดงใน Table 2 พบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมทั้ง 2 ชนิด มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยมีค่า 9.97 และ 11.95% ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมที่ใช้พ่นมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก โดยสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 0.4% และ 0.04% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีค่า 9.98 และ 10.13% ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 11.77% เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของแคลเซียมกับระดับความเข้มข้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 9.18 และ 9.12%

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน ทำการประเมินการเปลี่ยนแปลงสีใบ การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏและคุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10±2°C เป็นระยะเวลา 24 วัน แสดงใน Figure 1 และ Figure 2 พบว่าการพ่นสารละลายแคลเซียมมีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ โดยเฉพาะการพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.4% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยมีคะแนนสีใบ 3.63 คะแนน (ใบอ่อนมีการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเล็กน้อยร้อยละ 25) คะแนนลักษณะปรากฏ 3.88 คะแนนและ 3.75 คะแนนตามลำดับ (เหี่ยวเล็กน้อย ไม่เน่า ไม่ช้ำ ไม่มีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) และคะแนนคุณภาพโดยรวม 3.75 คะแนนและ 3.63 คะแนนตามลำดับ (คุณภาพยอมรับได้) ในขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำมีคะแนนคุณภาพต่ำสุด โดยมีคะแนนสีใบ 2.38 คะแนน (สีใบที่มีสีเหลืองมากกว่าร้อยละ 50) คะแนนลักษณะปรากฏ 2.63 คะแนน (เหี่ยว เน่า ช้ำ และมีความผิดปกติทางสรีรวิทยา) และคะแนนคุณภาพโดยรวม 2.63 คะแนน (ระดับไม่ค่อยดี) (Figure 2)

ค่าความเขียวใบ พบว่าชนิดของสารละลายแคลเซียมไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบ โดยเมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10±2°C เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพ่นสารละลายแคลเซียมแลคเตทและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีค่าความเขียวของใบ เท่ากับ 49.23 และ 49.96 SPAD unit ตามลำดับ ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมมีผลต่อค่าความเขียวของใบโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 0.4% ทำให้มีค่าความเขียวของใบเฉลี่ยมากที่สุด 50.50 SPAD unit ในขณะที่ต้นอ่อนทานตะวันที่พ่นด้วยน้ำ มีค่าความเขียวใบน้อยที่สุด 48.30 SPAD unit เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของแคลเซียมกับระดับความเข้มข้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.6 และ 0.8% มีค่าความเขียวของใบเฉลี่ยมากที่สุด 51.55 และ 51.02 SPAD unit (Table 3)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่าชนิดของแคลเซียมที่ฉีดพ่นคือสารละลายแคลเซียมแลคเตทและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของต้นอ่อนทานตะวันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10±2°C เป็นระยะเวลา 24 วัน โดยมีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเท่ากัน คือ 0.030 mg./g fw. ในขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) โดยที่การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.033 mg./g fw. ในขณะที่การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น คือ 0.8 และ 1.6% ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ คือ 0.028 และ 0.026 mg./g fw. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของสารละลายแคลเซียมกับระดับความเข้มข้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สารละลายแคลเซียมแลคเตทและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเฉลี่ยมากที่สุดและมีค่าเท่ากัน คือ 0.033 mg./g fw. (Table 4)

Table 1 Effect of preharvest sprayed with calcium lactate and calcium chloride on growth and yield of sunflower micro greens.

Treatment	Stem		Root	Leaf		Yield	
	Height (cm)	Weight (g)	Length (mm)	Length (mm)	Width (mm)	(g/tray)	(g/m^2)
Calcium Type (A)							
Calcium lactate	11.91	0.85	6.92	16.52	10.59^{b}	105.46^{a}	$1,701^{a}$
$CaCl_2$	11.60	0.80	6.80	17.50	11.82^{a}	94.40^{b}	$1,523^{b}$
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*	*
Concentration (B)							
0%	10.99^{b}	0.84^{a}	6.53^{b}	16.86^{ab}	10.89^{b}	104.06^{ab}	$1,678^{b}$
0.04%	11.47^{b}	0.86^{a}	8.06^{a}	16.88^{ab}	11.16^{ab}	112.78^{a}	$1,819^{a}$
0.4%	12.44^{a}	0.89^{a}	7.56^{ab}	17.69^{a}	11.76^{a}	107.41^{a}	$1,732^{b}$
0.8%	12.94^{a}	0.85^{a}	5.92^{c}	16.86^{b}	10.96^{ab}	92.32^{bc}	$1,489^{c}$
1.6%	10.97^{b}	0.70^{b}	6.21^{c}	17.08^{ab}	11.25^{ab}	83.10^{c}	$1,340^{d}$
F-test	*	*	*	*	*	*	*
A x B							
Calcium lactate 0%	10.99^{de}	0.84^{a}	6.53^{b}	16.86^{ab}	10.89^{d}	104.06^{ab}	$1,678.39^{ab}$
Calcium lactate 0.04%	11.35^{d}	0.84^{a}	8.06^{a}	16.47^{ab}	10.68^{de}	116.04^{a}	$1,871.61^{a}$
Calcium lactate 0.4%	12.30^{bc}	0.91^{a}	7.38^{ab}	17.62^{a}	11.09^{c}	113.20^{a}	$1,825.81^{a}$
Calcium lactate 0.8%	13.37^{a}	0.89^{a}	6.04^{bc}	15.28^{b}	9.98^{e}	107.91^{a}	$1,740.48^{a}$
Calcium lactate 1.6%	11.55^{cd}	0.80^{a}	6.57^{b}	16.38^{ab}	10.30^{e}	86.11^{bc}	$1,388.87^{bc}$
$CaCl_2$ 0%	10.99^{de}	0.84^{a}	6.53^{b}	16.86^{ab}	10.89^{d}	104.06^{ab}	$1,678.39^{ab}$
$CaCl_2$ 0.04%	11.59^{cd}	0.87^{a}	8.07^{a}	17.29^{a}	11.63^{b}	109.52^{a}	$1,766.45^{a}$
$CaCl_2$ 0.4%	12.55^{ab}	0.82^{a}	7.73^{ab}	17.77^{a}	12.42^{a}	101.62^{b}	$1,639.19^{b}$
$CaCl_2$ 0.8%	12.50^{b}	0.82^{a}	5.80^{c}	17.83^{a}	11.94^{b}	76.74^{c}	$1,237.90^{c}$
$CaCl_2$ 1.6%	10.39^{e}	0.60^{b}	5.85^{c}	17.78^{a}	12.20^{ab}	80.08^{c}	$1,291.61^{c}$
F-test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	10.59	22.40	30.70	10.94	13.06	16.56	16.56

Remarks: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by DMRT and

* = significant different at probability level 0.05, ns = none significant different.

Table 2 Effect of preharvest sprayed with calcium lactate and calcium chloride on weight loss of sunflower microgreens during storage at low temperature (10±2°C, 80±2%RH) for 24 days.

Treatment	Day of storage			
	7	14	21	24
Calcium Type (A)				
Calcium lactate	2.57	5.14	8.42^{b}	9.97^{b}
$CaCl_2$	2.43	5.53	9.14^{a}	11.95^{a}
F-test	ns	ns	*	*
Concentration (B)				
0%	2.49^{ab}	6.39^{a}	9.89^{a}	11.77^{a}
0.04%	2.73^{a}	5.04^{ab}	8.42^{ab}	10.13^{b}
0.4%	2.81^{a}	5.41^{ab}	8.37^{b}	9.98^{c}
0.8%	2.19^{b}	4.77^{b}	8.38^{b}	11.60^{a}
1.6%	2.26^{b}	5.07^{ab}	8.83^{ab}	11.33^{ab}
F-test	*	*	*	*
A x B				
Calcium lactate 0%	2.49a	6.39^{a}	9.89^{a}	11.77^{abc}
Calcium lactate 0.04%	2.86^{a}	4.93^{ab}	7.82^{ab}	9.18^{c}
Calcium lactate 0.4%	3.20^{a}	5.79^{ab}	8.46^{ab}	9.12^{c}
Calcium lactate 0.8%	1.77^{a}	4.04^{b}	7.36^{b}	9.59^{bc}
Calcium lactate 1.6%	2.52^{a}	4.58^{ab}	8.55^{ab}	10.20^{bc}
$CaCl_2$ 0%	2.49^{a}	6.39^{a}	9.89^{a}	11.77^{abc}
$CaCl_2$ 0.04%	2.61^{a}	5.16^{ab}	9.01^{ab}	11.08^{abc}
$CaCl_2$ 0.4%	2.43^{a}	5.03^{ab}	8.23^{ab}	10.84^{abc}
$CaCl_2$ 0.8%	2.61^{a}	5.50^{ab}	9.40^{ab}	13.62^{a}
$CaCl_2$ 1.6%	2.01^{a}	5.56^{ab}	9.11^{ab}	12.45^{ab}
F-test	*	*	*	*
CV (%)	27.09	28.98	18.10	18.87

Remarks: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by DMRT and

* = significant different at probability level 0.05, ns = none significant different.

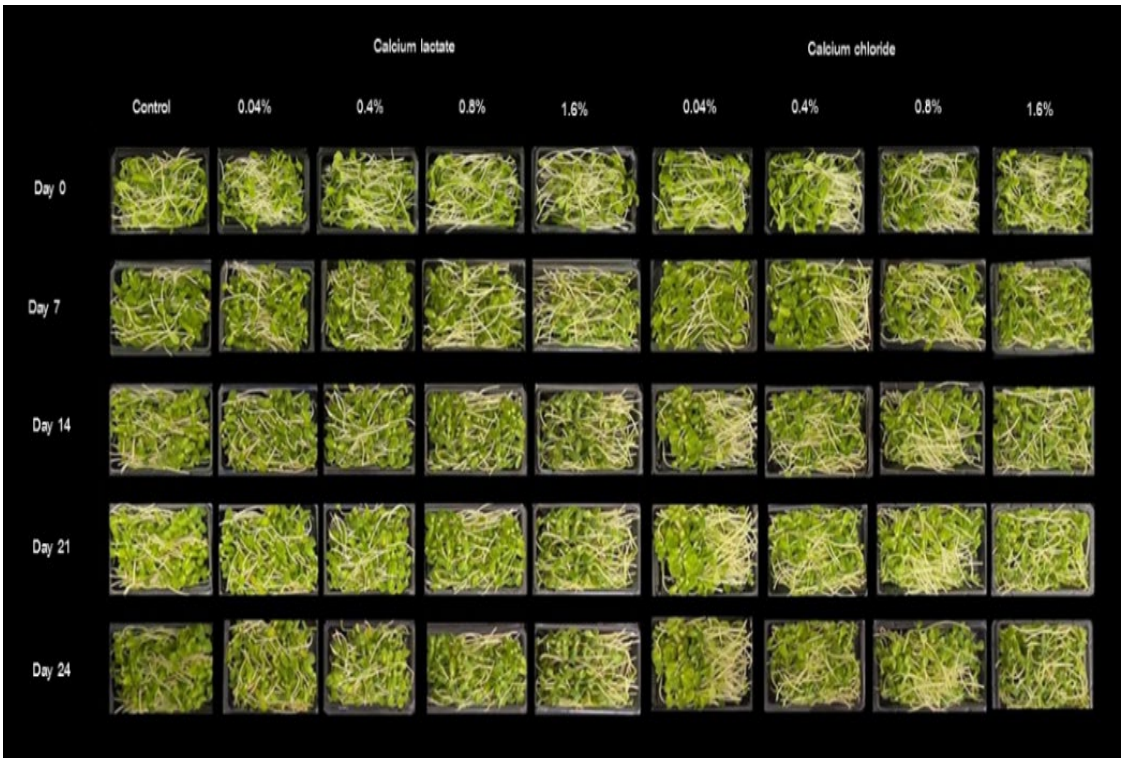
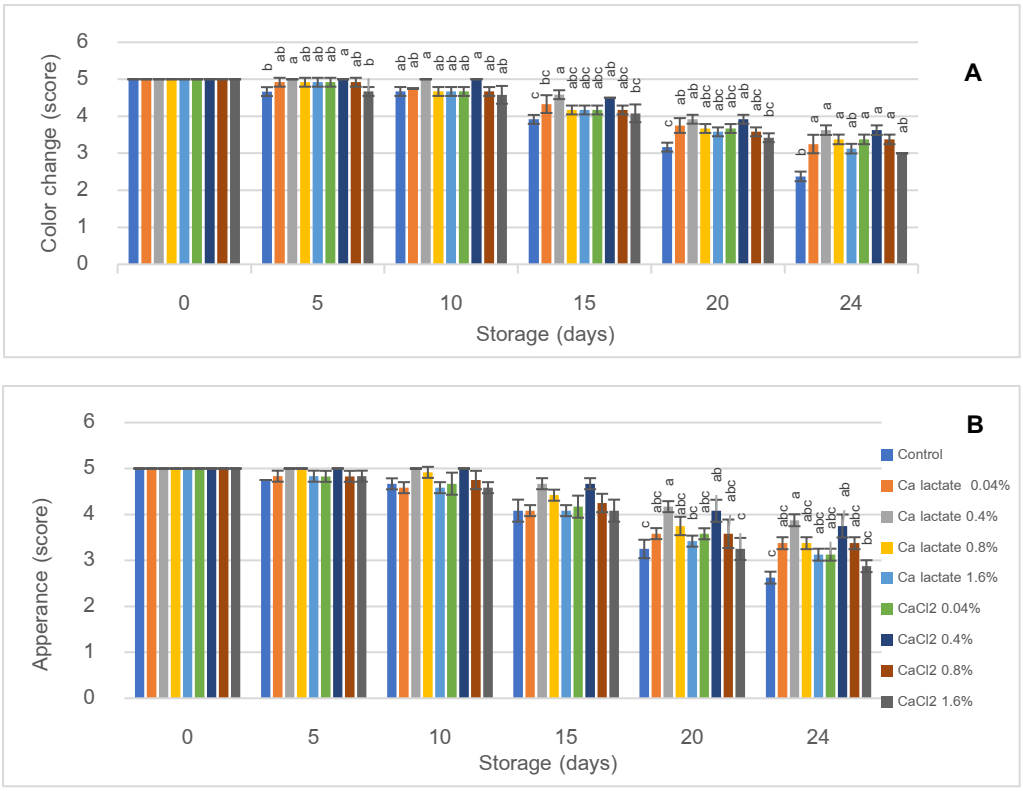


Figure 1 Sunflower microgreens that were preharvest sprayed with calcium lactate and calcium chloride then packed in plastic trays and stored at low temperature (10±2°C, 80±2%RH) for 24 days.



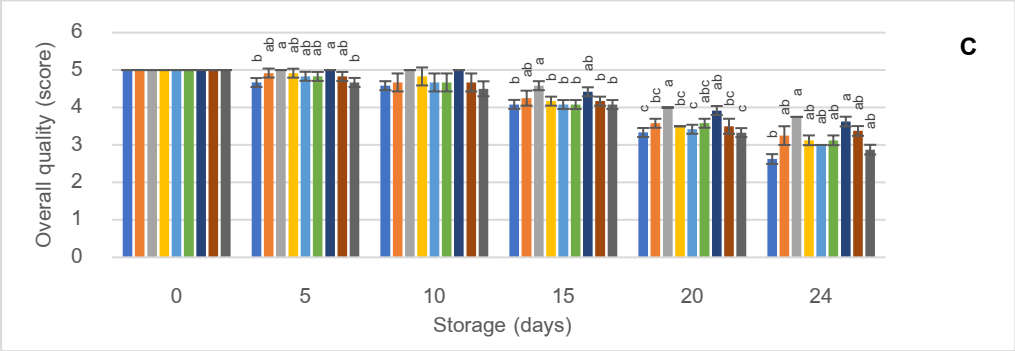


Figure 2 Quality as color change (A) appearance (B) and overall quality (C) of sunflower microgreens after preharvest sprayed with calcium lactate and calcium chloride then packed in plastic trays and stored at low temperature (10±2°C, 80±2%RH) for 24 days.

Table 3 Greenness value (SPAD unit) of sunflower microgreens after preharvest sprayed with calcium lactate and calcium chloride then packed in plastic trays and stored at low temperature (10±2°C, 80±2%RH) for 24 days.

Treatment	Day of storage				
	0	7	14	21	24
Calcium Type (A)					
Calcium lactate	46.56^{a}	52.17^{b}	52.95^{a}	50.01^{a}	49.23
$CaCl_2$	50.00^{b}	53.34^{a}	52.05^{a}	48.49^{b}	49.96
F-test	*	*	ns	*	ns
Concentration (B)					
0%	43.67^{c}	46.44^{c}	55.93^{a}	52.30^{a}	48.30^{b}
0.04%	47.27^{b}	55.66^{a}	49.41^{c}	47.96^{bc}	49.40^{ab}
0.4%	49.56^{a}	52.68^{b}	49.81^{c}	50.88^{a}	50.50^{a}
0.8%	49.99^{a}	55.92^{a}	53.18^{b}	46.88^{c}	49.80^{a}
1.6%	50.89^{a}	53.11^{b}	54.18^{b}	49.24^{b}	49.94^{a}
F-test	*	*	*	*	*
A x B					
Calcium lactate 0%	43.68^{d}	46.44^{e}	55.93^{a}	52.30^{a}	48.30^{c}
Calcium lactate 0.04%	43.10^{d}	55.20^{bc}	49.09^{c}	48.58^{cd}	50.13^{ab}
Calcium lactate 0.4%	47.65^{c}	53.04c^{d}	50.21^{bc}	51.78^{ab}	50.78^{a}
Calcium lactate 0.8%	46.70^{c}	51.00^{d}	57.38^{a}	48.88^{cd}	48.59^{bc}
Calcium lactate 1.6%	51.68^{ab}	55.20^{bc}	52.13^{b}	48.54^{cd}	48.34^{c}
$CaCl_2$ 0%	43.68^{d}	46.44^{e}	55.93^{a}	52.30^{a}	48.30^{c}
$CaCl_2$ 0.04%	51.45^{ab}	56.12^{b}	49.73^{bc}	47.34^{d}	48.68^{bc}
$CaCl_2$ 0.4%	51.47^{ab}	52.32^{d}	49.41^{c}	49.98^{bc}	50.22^{ab}
$CaCl_2$ 0.8%	53.28^{a}	60.83^{a}	48.98^{c}	44.89^{e}	51.02^{a}
$CaCl_2$ 1.6%	50.09^{b}	51.02^{d}	56.23^{a}	49.93^{bc}	51.55^{a}
F-test	*	*	*	*	*
CV (%)	26.83	32.41	24.02	19.72	7.40

Remarks: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by DMRT and * = significant different at probability level 0.05, ns = none significant different.

Table 4 Total chlorophyll content (mg./g fw.) of sunflower microgreens after preharvest sprayed with calcium lactate and calcium chloride then packed in plastic trays and stored low temperature (10±2°C, 80±2%RH) for 24 days.

Treatment	Day of storage				
	0	7	14	21	24
Calcium Type (A)					
Calcium lactate	0.028	0.028^{b}	0.040^{a}	0.037^{a}	0.030
$CaCl_2$	0.031	0.032^{a}	0.040^{a}	0.035^{b}	0.030
f-test	ns	*	ns	*	ns
Concentration (B)					
0%	0.025	0.025^{b}	0.0.36^{c}	0.041^{ab}	0.029^{b}
0.04%	0.029	0.0.32^{a}	0.042^{b}	0.037^{b}	0.033^{a}
0.4%	0.032	0.036^{a}	0.0.54^{a}	0.043^{a}	0.033^{a}
0.8%	0.030	0.037^{a}	0.037^{c}	0.0.28^{c}	0.028^{b}
1.6%	0.031	0.020^{c}	0.030^{d}	0.0.31^{c}	0.026^{b}
F-test	ns	*	*	*	*
A x B					
Calcium lactate 0%	0.025^{b}	0.025^{de}	0.036^{d}	0.041^{abc}	0.029^{ab}
Calcium lactate 0.04%	0.030^{ab}	0.026^{de}	0.037^{d}	0.037^{bcd}	0.033^{a}
Calcium lactate 0.4%	0.027^{ab}	0.035^{bc}	0.050^{b}	0.043^{ab}	0.033^{a}
Calcium lactate 0.8%	0.028^{ab}	0.031^{cd}	0.043^{c}	0.031^{de}	0.028^{ab}
Calcium lactate 1.6%	0.029^{ab}	0.024^{e}	0.032^{de}	0.036^{cd}	0.026^{b}
$CaCl_2$ 0%	0.025^{b}	0.025^{de}	0.036^{d}	0.041^{abc}	0.029^{ab}
$CaCl_2$ 0.04%	0.028^{ab}	0.039^{ab}	0.047^{bc}	0.037^{bcd}	0.033^{a}
$CaCl_2$ 0.4%	0.038^{a}	0.036^{abc}	0.058^{a}	0.044^{a}	0.033^{a}
$CaCl_2$ 0.8%	0.031^{ab}	0.043^{a}	0.031^{de}	0.026^{e}	0.028^{ab}
$CaCl_2$ 1.6%	0.033^{ab}	0.016^{f}	0.028^{e}	0.026^{e}	0.026^{b}
F-test	*	*	*	*	*
CV (%)	22.24	58.77	55.04	41.68	23.15

Remarks: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by DMRT and

* = significant different at probability level 0.05, ns = none significant different.

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการเพาะต้นอ่อนทานตะวัน

ต้นทุนในการผลิตหลักของการเพาะต้นอ่อนทานตะวัน ได้แก่ ค่าวัสดุเพาะ ค่าเมล็ดพันธุ์ และค่าสารละลายแคลเซียม พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าวัสดุเพาะและค่าเมล็ดพันธุ์เท่ากัน คือ 2 บาทและ 104.84 บาทต่อตารางเมตร ในขณะที่ต้นทุนที่แตกต่างกันคือชนิดของแคลเซียมและระดับความเข้มข้นของแคลเซียม โดยที่แคลเซียมคลอไรด์ (70.20 บาทต่อกิโลกรัม) มีราคาถูกกว่าแคลเซียมแลคเตท (522 บาทต่อกิโลกรัม) ดังนั้นการใช้สารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้มีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า การพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0.04% ส่งผลให้มีผลผลิตมากที่สุด 1,872 กรัมต่อตารางเมตร แต่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด 107.42 บาท ซึ่งทำให้มีรายได้และกำไรสูงสุด 374.32 บาท และ 266.90 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ (ต้นอ่อนทานตะวัน มีราคาจำหน่าย 200 บาทต่อกิโลกรัม สำรวจจากแหล่งจำหน่าย 3 แหล่ง แม็คโคร ท๊อปพล่าซ่า และตลาดไทยคอนแทคเซ็นเตอร์) รองลงมาคือสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 0.40% โดยมีผลผลิต ต้นทุน รายได้และกำไรสุทธิ เท่ากับ 1,826 กรัมต่อตารางเมตร 112.65 บาท 365.16 บาท และ 252.51 บาทต่อตารางเมตร ตามลำดับ (Table 5)

Table 5 Analysis of unit production costs of sunflower microgreens that were preharvest sprayed with calcium lactate and calcium chloride.

Treatment	Cost (Baht/m^2)				Yield	Income	Profit
	Media	Seed	Calcium	Total	(g/m^2)	(Baht/m^2)	(Baht/m^2)
Calcium lactate							
0%	2.00	104.84	0.00	106.84	1,678	335.68	228.84
0.04%	2.00	104.84	0.58	107.42	1,872	374.32	266.90
0.40%	2.00	104.84	5.81	112.65	1,826	365.16	252.51
0.80%	2.00	104.84	11.61	118.45	1,740	348.10	229.64
1.60%	2.00	104.84	23.23	130.07	1,389	277.77	147.71
$CaCl_2$							
0%	2.00	104.84	0.00	106.84	1,678	335.68	228.84
0.04%	2.00	104.84	0.06	106.90	1,766	353.29	246.39
0.40%	2.00	104.84	0.65	107.49	1,639	327.81	220.32
0.80%	2.00	104.84	1.29	108.13	1,238	247.55	139.42
1.60%	2.00	104.84	2.58	109.42	1,292	258.32	148.90

วิจารณ์

ต้นอ่อนทานตะวันที่ได้รับการพ่นแคลเซียม 2 ชนิด คือแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับได้แก่ 0, 0.04, 0.4, 0.8 และ 1.6% โดยทำการพ่นในระหว่างวันที่ 3-6 หลังเพาะเมล็ด จากนั้นทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อน นำมาวัดการเจริญเติบโตพบว่า แคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suksamran et al. [5] ที่รายงานการพ่นแคลเซียมออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผักลิ้นห่าน มีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในด้านจำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวไหล จำนวนต้นไหล และน้ำหนักสดต้น เมื่อเปรียบเทียบกับผักลิ้นห่านที่ไม่พ่นแคลเซียมออกไซด์ รวมทั้งงานวิจัยของ Kou et al. [13] ที่รายงานว่าการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ช่วยเพิ่มผลผลิต น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของไมโครกรีนบร็อคโคลี่ โดยช่วยเพิ่มมวลชีวภาพได้ 50 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับการฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่าในขณะที่การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 20 มิลลิโมลาร์ ไม่มีผลต่อมวลชีวภาพ ดังนั้นการให้แคลเซียมกับต้นอ่อนทานตะวันต้องอยู่ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงจะสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตได้

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (ระหว่างการเก็บรักษา) โดยนำต้นอ่อนทานตะวันที่ได้รับการพ่นแคลเซียม 2 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาบรรจุในกล่องพลาสติกแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 10±2°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80±2% เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าต้นอ่อนทานตะวันที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตท และแคลเซียมคลอไรด์ทุกระดับความเข้มข้นช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากสารละลายแคลเซียมสามารถเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ ชะลอการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ และช่วยชะลอการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ได้ เช่นเดียวกับผลไม้ตัดแต่งเช่นผลโลควอท, สตรอเบอร์รี กีวี่สาลี่ และเมล่อนตัดแต่ง [14, 15, 16, 17, 18] รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัย Sresook et al. [19] ที่รายงานว่าแก้วมังกรสดตัดแต่งที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 0.75 และ 1.00% แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ8±1%มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าและมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าชุดการทดลองอื่นรวมถึง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน โดยเฉพาะการฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.40% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของต้นอ่อนได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ คะแนนคุณภาพโดยรวมเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Nilprapruck et al. [20] ที่รายงานว่าการใช้แคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 1.5% สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลและการเสื่อมสภาพของผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภค พบว่าผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่มีการแช่สารละลายแคลเซียมแลคเตทใช้เวลา 10 นาที สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเมื่อเปรียบเทียบกับผักกาดหวานแปรรูปพร้อมบริโภคที่ไม่มีการแช่สารละลายแคลเซียมแลคเตทค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ที่ต่ำมีความสัมพันธ์กับการลดลงของการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล และกิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonialyase (PAL), Polyphenol oxidase (PPO) และ Peroxidase (POD) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suksamran et al. [5] รายงานว่าผักลิ้นห่านที่ปลูกในวัสดุปลูกทรายทะเล : ขุยมะพร้าว: ปุ๋ยคอกมูลวัว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 และพ่นแคลเซียมออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีระดับความเขียวใบมากกว่าเล็กน้อยถึงปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับผักลิ้นห่านที่ปลูกใกล้ชายฝั่งทะเล และมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p< 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับผักลิ้นห่านที่ไม่พ่นแคลเซียมออกไซด์ นอกจากนี้การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0.04 และ 0.4% ส่งผลให้ต้นอ่อนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบเฉลี่ยมากที่สุด ในขณะที่การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Attallah และ Abdalla [9] ที่รายงานว่าผักกาดหอมสายพันธุ์โรเมนที่ได้รับการพ่นด้วยแคลเซียมคลอไรด์ทางใบที่ความเข้มข้น 20 มิลลิโมล่าร์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด

สรุปผลการวิจัย

การพ่นสารละลายแคลเซียมทั้ง 2 ชนิดคือแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของต้นอ่อนทานตะวัน โดยที่สารละลายแคลเซียมแลคเตททำให้ต้นอ่อนทานตะวันมีผลผลิตมากกว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 0.04% ทำให้ผลผลิตต้นอ่อนทานตะวันมีปริมาณมากที่สุด 1,871.61 กรัมต่อตารางเมตร เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมสูงขึ้นทำให้ผลผลิตของต้นอ่อนทานตะวันลดลง รวมทั้งพบว่าสารละลายแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้น 0.04% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และช่วยรักษาคุณภาพโดยรวมของต้นอ่อนทานตะวันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้เป็นระยะเวลา 24 วัน รวมทั้งมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าและมีกำไรมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ดังนั้นการพ่นสารละลายแคลเซียมแลคเตทให้กับต้นอ่อนทานตะวันจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิต รักษาคุณภาพ ลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และช่วยรักษาความสดของต้นอ่อนทานตะวันในระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายได้นานขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา ที่ให้การสนับสนุนและอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] Narasri W. Vegetable high in amino acids : sunflower sprouts. Journal of Food Research and Product Development. 2022;52(2):44-47. (In Thai)

[2] Nunum T, Riansut W. Influence of seedling materials on sunflower sprout growth. Rajamangala University of Technology Krungthep Research Journal. 2020;14(2):168-180. (In Thai)

[3] Poondee J, Nimchit S. Optimal storage pattern for extremely delicate produce: Case study of sunflower sprouts. Srinakharinwirot University Engineering Journal. 2021;16(3):75–83. (In Thai)

[4] Wongs-Aree C. Using calcium for good fruit quality after harvest. Postharvest Newsletter. 2018;17(4): 5-7. (In Thai)

[5] Suksamran C, Somnak P, Samakkit S. Effect of calcium oxide on growth and sensory quality of linharn (*Launaea sarmentosa*). Thai Science and Technology Journal (TSTJ). 2021;29(1):148-156. (In Thai)

[6] Wiriya-Alongkorni W. Effect of calcium chloride on physiological change in flowering phase to fruit set of longan trees. Journal of Agri. Research and Extension. 2022;41(2):1-13. (In Thai)

[7] Thongsook T. Factors affecting textural changes and techniques for textural improvement of processed fruits and vegetables. Journal of Science and Technology Mahasarakham University 2553;29(4): 456-469. (In Thai)

[8] Food and Drug Administration. Prescribing principles, conditions, methods of use, and proportions of food additives (No.3). [Internet]. 2023 [cited 2025 July 28]. Available from: https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-444.

[9] Attallah, Shreen Y, Reham M, Abdalla. Influence of foliar spray with calcium chloride on growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) Assiut J. Agric. Sci., 2021;52(4):116-128.

[10] Khani A, Barzegar T, Nikbakht J. Ghahremani Z. Effect of foliar spray of calcium lactate on the growth, yield and biochemical attribute of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under water deficit stress. Advances in Horticultural Science, 2020;34(1),11–24.

[11] Witham FH, Blaydes DF, Devlin RM. Experiments in plant physiology. New York. Van Nostrand Reinhold Co. 1971;55-56 p.

[12] Achavanuntakul S. Mangerial accounting. 1st ed. Bangkok : TPN press. 2016. 300 P. (in Thai)

[13] Kou L, Yang T, Luo Y, Liu X, Huang L, Codlinge E. Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. Postharvest Biology and Technology. 2014;87:70-78.

[14] Mahajan B.V.C, Dhatt A.S. Studies on postharvest calcium chloride application on storage behavior and quality of Asian pear during cold storage. Intl. J. Food Agri. and Environment 2004;2(3-4):157-159.

[15] Lara I, Garcia P, Vendrell M. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria* x *ananassa* Duch.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 2004;34(3):331-339.

[16] Gersopoulos D, Pavlina D.D. Summer-pruning and preharvest calcium chloride sprays affect storability and low temperature breakdown incidence in kiwifruit. Postharvest Biology and Technology. 2005; 36:303-308.

[17] Antunes D, Nunes S, Migue G, Dundlen S, Cavaco A. Sustainable postharvest handling of minimally processed melon fruits. In The 4th IASME/WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD'08) at Algarve, Portugal, June11-13, 2008;521-525.

[18] Akhtar A, Abbas N.K, Hussain A. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. Pak. J. Bot. 2010;42(1):181-188.

[19] Sresook S, Saunphairoch S, Puengphian C, Sirichote A. Effects of calcium chloride and calcium lactate on quality changes of fresh-cut dragon fruit during storage. Agricultural Sci. J. 2016;47:3(Suppl.):193-196. (In Thai)

[20] Nilprapruck P, Usaha T, Kaokaen T. Calcium lactate application for delay browning and deterioration of fresh-cut romaine lettuce. Rajamangala University of Technology Srivijaya Journal. 2023;15(2):292-306. (In Thai)