วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 26 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2564
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 26 (No.1) January – April 2021 บทความวิจัย

ผลของวิธีการให้สารและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน

Effects of the Application Methods and Concentrations of Sucrose Solution on Growth and Antioxidant Activity of Sunflower Sprouts

อินทิรา ขูดแก้ว* และ เบญจมาศ ทุ่งเกษม

Intira Koodkaew* and Benjamart Tungkasem

โครงการจัดตั้งภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

Department of Botany, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University Kamphaeng saen Campus

Received : 4 September 2018

Revised : 21 November 2018

Accepted : 11 June 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดวิธีการให้สารและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบอัตราการฉีดพ่นและความเข้มข้นของสารละลายซูโครส และการทดลองที่ 2 เปรียบเทียบระยะเวลาแช่เมล็ดที่ผ่านการบ่มและความเข้มข้นของสารละลายซูโครส วางแผนการทดลองแบบ 3×5 factorial ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ วัดการเจริญเติบโต ได้แก่ ความยาวต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ผลการทดลองที่ 1 พบว่า วิธีการฉีดพ่นด้วยสารละลายซูโครส 5 วัน อัตราวันละ 20 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 200 มิลลิโมลาร์ ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็น 60.10, 40.37, 67.34 และ 77.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน ผลการทดลองที่ 2 พบว่า การแช่เมล็ดทานตะวันในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 10 นาที ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็น 72.17 และ 204.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความยาวต้นและน้ำหนักสดของต้นอ่อนทานตะวัน จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการให้สารละลายซูโครสโดยวิธีการฉีดพ่นและการแช่เมล็ดที่บ่มแล้วในสารละลายซูโครสความเข้มข้นที่เหมาะสมมีศักยภาพในการเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวันได้

คำสำคัญ : ต้นอ่อนทานตะวัน ; ซูโครส ; ผลผลิต ; สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The objective of this study was to determine the application methods and concentrations of sucrose solution on growth and antioxidant activity in sunflower sprout. The experiments were provided as two experiments, experiment 1, comparison between the spraying rate and concentrations of sucrose solution, and experiment 2, comparison between the duration of incubated- seed soaking and concentration of sucrose solution. The experiments were assigned as 3×5 factorial in completely randomized design with three replications. The growth parameters, stem length, fresh weight and dry weight as well as antioxidant activity by the 1,1- diphenyl- 2- picrylhydrazyl (DPPH) method, were determined. The results of the experiment 1 showed that sucrose spraying for 5 days with 20 mL daily at 25, 50, 100 and 200 mM significantly enhanced the antioxidant activity in the sunflower sprout (60.10, 40.37, 67.34 and 77.08% higher than the control, respectively) without adverse effect on sunflower sprout growth. The results of experiment 2 showed that incubated- seed soaking in 25 and 50 mM sucrose for 10 min significantly increased the antioxidant activity in the sunflower sprout (72.17 and 204.82% higher than the control, respectively) and had no effect on sprout length and weight. The results of this study indicated that application of sucrose solution by spraying and soaking methods with suitable concentration had potential to improve antioxidant activity in sunflower sprout.

Keywords : sunflower sprout ; sucrose ; yield ; antioxidant

***Corresponding author. E-mail** : faasirk@ku.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันต้นอ่อนพืชได้รับความสนใจในการผลิตและการบริโภคมากขึ้น เนื่องจากใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกน้อยและใช้เวลาในการปลูกสั้น นอกจากนี้ ต้นอ่อนยังอุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เมื่อเมล็ดพืชผ่านกระบวนการงอกกลายเป็นต้นอ่อนพืช จะมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มสูงขึ้น เช่น ปริมาณโปรตีน กรดไขมัน ธาตุอาหาร วิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) (Cevallos-Casals & Cisneros-Zevallos, 2010; Márton *et al*., 2010; Pajak *et al*., 2014) ต้นอ่อนที่นิยมนำมาบริโภคมักเป็นต้นอ่อนผักในตระกูลผักกาด (Brassicaceae) เช่น กะหล่ำ ผักกาด กวางตุ้ง และตระกูลถั่ว (Leguminoceae) เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง อัลฟัลฟ่า เป็นต้น ทานตะวันเป็นพืชที่นิยมบริโภคในระยะที่เป็นต้นอ่อน เนื่องจากมีสารประกอบฟีนอล ไอโซฟลาโวน (isoflavone) เมลาโทนิน (melatonin) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) (Cho *et al*., 2008) ซึ่งล้วนมีประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกจากนี้มีรายงานว่าในต้นอ่อนทานตะวันมีสารสำคัญคือไซนาริน (cynarin) ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาของสารที่ก่อให้เกิดหรือเร่งกระบวนการของการชรา (antiglycation) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง (Sun *et al*., 2012) การหาวิธีเพื่อเพิ่มสารประกอบเหล่านี้ในต้นอ่อนทานตะวัน จะทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์มากขึ้น และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับต้นอ่อนอีกด้วย

น้ำตาลซูโครสจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่หาได้ง่าย สามารถซื้อได้ในรูปของน้ำตาลทรายในท้องตลาด ซูโครสจัดเป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ในพืช เช่น การเจริญเติบโต การออกดอก การตอบสนองของพืช และยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณที่สำคัญในพืช (Bolouri-Moghaddam *et al*., 2010) มีรายงานการเพิ่มสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในต้นอ่อนพืชด้วยซูโครส เช่น ซูโครสความเข้มข้น 146 มิลลิโมลาร์ เพิ่มปริมาณสารกลูโคซิโนเลท (glucosinolates) ในต้นอ่อนตระกูลผักกาด (Baenas *et al*., 2014) และซูโครสความเข้มข้น 88 มิลลิโมลาร์ เพิ่มปริมาณสารซัลโฟราเฟน (sulforaphane) วิตามินซี และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ในต้นอ่อนบล็อกโคลี (Guo *et al*., 2011) นอกจากนี้ ซูโครสยังมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณสารกลูโคซิโนเลท วิตามินซี แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลในต้นอ่อนบล็อกโคลี (Natella *et al*., 2016)

ในปัจจุบัน ยังไม่มีรายงานถึงซูโครสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในต้นอ่อนทานตะวัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาหาวิธีการให้สารละลายซูโครสและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเพิ่มการเติบโตและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยการฉีดพ่นและการแช่สารละลายซูโครส ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพจากการบริโภคต้นอ่อนทานตะวัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมเมล็ดทานตะวัน

นำเมล็ดทานตะวันมาล้างน้ำเพื่อทำความสะอาด และแช่ในน้ำอุ่น (น้ำร้อน 1 ส่วนผสมกับน้ำเย็น 2 ส่วน) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นบ่มเมล็ดโดยห่อเมล็ดด้วยผ้าขาวบางชุบน้ำ 2 ชั้น ใส่ไว้ในภาชนะปิดสนิทเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ในที่มืด รากจะเริ่มงอกออกจากเมล็ด

การทดลองที่ 1 *เปรียบเทียบผลของวิธีการฉีดพ่นที่อัตราและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน*

วางแผนการทดลองแบบ 3×5 factorial ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัย A คือ อัตราการฉีดพ่นสารละลายซูโครส ประกอบด้วย 3 อัตรา ได้แก่ 1) ฉีดพ่น 5 วัน ปริมาตรวันละ 20 มิลลิลิตร 2) ฉีดพ่น 5 วัน ปริมาตรวันละ 50 มิลลิลิตร และ 3) ฉีดพ่นครั้งเดียววันที่ 6 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปัจจัย B คือ ความเข้มข้นของสารละลายซูโครส 5 ความเข้มข้น ได้แก่ 0 (ใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม), 25, 50, 100 และ 200 มิลลิโมลาร์ นำเมล็ดทานตะวันที่เตรียมไว้ 40 กรัม (ประมาณ 300 เมล็ด) ต่อ 1 ซ้ำการทดลอง โรยบนตะกร้าพลาสติกขนาด 19.5 × 21.0 × 6.0 เซนติเมตร ที่บรรจุวัสดุปลูก (ดินสำเร็จรูปผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1) จากนั้น โรยวัสดุปลูกปิดทับเมล็ดให้หนาประมาณ 0.5–1.0 เซนติเมตร กำหนดให้ 1 ตะกร้าเท่ากับ 1 ซ้ำการทดลอง รดน้ำโดยใช้กระบอกฉีดน้ำแบบสเปรย์ให้ทั่วตะกร้า หุ้มด้วยพลาสติกสีดำ เป็นเวลา 3 วัน จากนั้น นำต้นอ่อนไปวางไว้ใต้แสงไฟจากหลอดไฟ fluorescent เป็นเวลา 4 วัน รดน้ำทุกวัน ปริมาตรวันละ 100 มิลลิลิตร เมื่อต้นอ่อนทานตะวันอายุ 1 วัน ฉีดพ่นสารละลายซูโครสตามอัตราที่ 1) และ 2) คือ ฉีดพ่นทุกวันในช่วงเช้า วันละ 20 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 5 วัน อัตราที่ 3) เมื่อต้นอ่อนอายุ 6 วัน ฉีดพ่นสารละลายปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในช่วงเช้า หลังจากฉีดพ่นสารละลายในครั้งสุดท้าย 24 ชั่วโมง ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต

การทดลองที่ 2 *เปรียบเทียบผลของวิธีการแช่เมล็ดที่บ่มแล้วที่ระยะเวลาและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน*

วางแผนการทดลองแบบ 3×5 factorial ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัย A คือ ระยะเวลาการแช่เมล็ดที่บ่มแล้วในสารละลายซูโครส ประกอบด้วย 3 ระยะเวลา ได้แก่ 5, 10 และ 15 นาที ปัจจัย B คือความเข้มข้นของสารละลายซูโครส 5 ความเข้มข้น ได้แก่ 0, 25, 50, 100 และ 200 มิลลิโมลาร์ นำเมล็ดทานตะวันที่เตรียมไว้ไปแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา นำเมล็ดทานตะวันมาปลูกบนวัสดุปลูกเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 เมื่อต้นอ่อนอายุ 7 วัน ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต

การวัดการเจริญเติบโต

สุ่มต้นอ่อน 30 ต้น วัดความยาวของต้น และสุ่มต้นอ่อนอีก 100 ต้น มาชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ต้นอ่อนที่เหลือใช้ในการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Brand-Wiliams *et al.*, 1995) ชั่งต้นอ่อนทานตะวัน 1 กรัม บดให้ละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว เติมเมทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายใสส่วนบนปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติมเมทานอลปริมาตร 1.3 มิลลิลิตร และสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที จากนั้น วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (UV1800, Shimadzu, Japan) และคำนวณเปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ จากสมการ (1)

$$\text{Radical scavenging (\%)} = [(A_0-A_1)/A_0] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ A_0 คือค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของชุดควบคุม และ A_1 คือค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายตัวอย่างพืช

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลผลการทดลองมาวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ (การทดสอบเปรียบเทียบพหุคูณ) ด้วยวิธี Duncan's multiple-range test (DMRT) เมื่อผลการทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ/หรือพบว่ามีอิทธิพลของปัจจัยหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการวิเคราะห์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R stat เวอร์ชั่น 3.3.3

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบผลของวิธีการฉีดพ่นที่อัตราและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน

จากผลการศึกษา พบว่าปัจจัยหลักทั้งสองปัจจัย ได้แก่ วิธีการฉีดพ่นและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสมีผลต่อความยาวต้น น้ำหนักสด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิธีการฉีดพ่นที่อัตราและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กันต่อความยาวต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดพ่นและความเข้มข้นจะพบว่า การฉีดพ่นทั้งสามวิธีในทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนทานตะวัน การฉีดพ่น 5 วัน วันละ 20 มิลลิลิตร และการฉีดพ่นวันที่ 6 100 มิลลิลิตร ในทุกความเข้มข้น และการฉีดพ่น 5 วัน วันละ 50 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 25–100 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ความยาวต้นและน้ำหนักสดของต้นอ่อนทานตะวันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ขณะที่การฉีดพ่น 5 วัน วันละ 50 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิโมลาร์ ทำให้ความยาวต้นและน้ำหนักสดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ลดลง 61.41 และ 58.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่การฉีดพ่นหนึ่งครั้งอัตรา 100 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดเพิ่มขึ้น คิดเป็น 6.05 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม สำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวันพบว่าการฉีดพ่นทั้งสามวิธีในทุกความเข้มข้นมีแนวโน้มให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยพบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในชุดทดลองการฉีดพ่น 5 วัน วันละ 20 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 200 มิลลิโมลาร์ (เพิ่มขึ้น 77.08 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม) รองลงมาคือชุดทดลองการฉีดพ่น 5 วัน วันละ 20 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ (เพิ่มขึ้น 67.34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 Analysis of variance และค่า F-value ของความยาวต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน เมื่อได้รับสารละลายซูโครสด้วยวิธีการฉีดพ่นที่อัตราและความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

ตัวแปร	df	ความยาวต้น	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
วิธีการฉีดพ่น (M)	2	14.448*	15.801*	1.834	15.912*
ความเข้มข้น (C)	4	16.248*	10.113*	1.111	92.257*
M × C	8	6.037*	9.178*	1.215*	8.685*
CV (%)		9.51	8.61	9.26	4.53

* หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากผลการทดลองตารางที่ 2 จะเห็นว่าการให้สารละลายซูโครสด้วยวิธีการฉีดพ่น 5 วัน อัตราวันละ 20 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 200 มิลลิโมลาร์ น่าจะเหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันเพิ่มขึ้นมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ (เพิ่มขึ้น 60.10, 40.37, 67.34 และ 77.08 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมตามลำดับ) ซึ่งมากกว่าชุดทดลองอื่นๆ และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความยาวต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนทานตะวัน ถึงแม้ว่าชุดทดลองอื่นจะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันเช่นกัน แต่ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นไม่มากนักจากชุดควบคุม (ต่ำกว่า 26 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ชุดทดลองการฉีดพ่น 5 วัน วันละ 50 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น 41.63 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันลดลง

<u>การทดลองที่ 2</u> เปรียบเทียบผลของวิธีการแช่เมล็ดที่บ่มแล้วที่ระยะเวลาและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน

จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่ 1 ระยะเวลาการแช่เมล็ดมีผลต่อน้ำหนักแห้งและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน และปัจจัยที่ 2 ความเข้มข้นของสารละลายซูโครสมีผลต่อความยาวต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระยะการแช่เมล็ดที่ระยะเวลาและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กันต่อความยาวต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 Analysis of variance และค่า F-value ของความยาวต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน เมื่อได้รับสารละลายซูโครสด้วยวิธีการแช่เมล็ดที่ระยะเวลาและความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

ตัวแปร	df	ความยาวต้น	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
ระยะเวลา (T)	2	0.791	0.514	4.878*	108.09*
ความเข้มข้น (C)	4	1.940*	2.410*	4.219*	80.34*
T × C	8	1.310*	1.383*	1.729*	53.19*
CV (%)		4.31	4.96	4.04	11.75

* หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน เมื่อได้รับสารละลายซูโครสด้วยวิธีการฉีดพ่นที่อัตราและความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

วิธีการฉีดพ่น	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม/100 ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/100 ต้น)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)
5 วันวันละ 20 มล.	0	14.83±0.53^{abc}	78.15±3.02^{ab}	3.59±0.16^{ab}	50.58±0.34^{i}
	25	14.11±0.41^{bc}	75.08±3.83^{b}	3.46±0.02^{ab}	80.98±1.61^{cd}
	50	14.14±0.51^{bc}	74.14±5.57^{b}	3.08±0.08^{b}	71.00±1.59^{efg}
	100	14.71±0.44^{abc}	72.62±2.46^{b}	3.81±0.18^{a}	84.64±0.38^{bc}
	200	12.45±0.43^{c}	75.01±1.43^{b}	3.40±0.09^{ab}	89.57±0.18^{ab}
5 วันวันละ 50 มล.	0	15.73±0.53^{ab}	84.61±2.29^{ab}	3.70±0.03^{ab}	66.15±1.64^{gh}
	25	15.04±0.47^{abc}	76.38±4.29^{b}	3.65±0.06^{ab}	69.46±1.01^{fg}
	50	14.60±0.40^{abc}	78.34±5.49^{ab}	3.44±0.25^{ab}	82.91±0.96^{c}
	100	13.82±0.40^{bc}	75.70±3.02^{b}	3.81±0.15^{a}	83.12±1.57^{c}
	200	6.07±0.57^{d}	35.38±2.78^{c}	3.35±0.32^{ab}	93.69±1.74^{a}
วันที่ 6 100 มล.	0	17.06±0.62^{a}	84.32±2.29^{ab}	3.76±0.05^{a}	67.39±1.55^{g}
	25	15.58±0.42^{ab}	89.42±4.29^{a}	3.72±0.35^{ab}	61.55±0.91^{h}
	50	15.88±0.56^{ab}	79.15±5.49^{ab}	3.71±0.06^{ab}	74.11±4.03^{ef}
	100	15.06±0.54^{abc}	81.04±3.02^{ab}	3.45±0.33^{ab}	76.28±2.53^{de}
	200	14.86±0.43^{abc}	83.04±2.78^{ab}	3.87±0.23^{a}	81.17±3.83^{cd}

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแช่และความเข้มข้น พบว่าการแช่เมล็ดที่บ่มแล้วในสารละลายซูโครสในทุกระยะเวลาและความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความยาวต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นชุดทดลองการแช่เมล็ดเป็นเวลา 15 นาที ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ทำให้ความยาวต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และชุดทดลองการแช่เมล็ดเป็นเวลา 5 นาที ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันพบว่า การแช่เมล็ดนาน 10 นาที ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิโมลาร์ และการแช่เมล็ดนาน 15 นาที ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยชุดทดลองการแช่เมล็ดนาน 10 นาที ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นสูงที่สุด คิดเป็น 204.82 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม รองลงมาคือชุดทดลองการแช่เมล็ดนาน 10 นาที ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ (เพิ่มขึ้น

72.17 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม) ขณะที่ชุดทดลองอื่นๆ ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยเฉพาะชุดทดลองที่ได้รับความเข้มข้น 200 มิลลิโมลาร์ ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 4) ดังนั้น การแช่เมล็ดนาน 10 นาที ที่ความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิโมลาร์ จัดเป็นชุดทดลองที่เหมาะสม เนื่องจากทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นสูง และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน เมื่อได้รับสารละลายซูโครสด้วยวิธีการแช่เมล็ดที่ระยะเวลาและความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

ระยะเวลา (นาที)	ความเข้มข้น (มิลลิโมลาร์)	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม/100 ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/100 ต้น)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%)
5	0	18.49±0.39^{abc}	88.34±3.47^{a}	3.88±0.08^{abc}	39.92±2.89^{b}
	25	17.21±0.50^{c}	77.24±0.42^{b}	3.46±0.09^{d}	31.99±0.28^{c}
	50	17.91±0.39^{abc}	86.46±0.41^{a}	3.78±0.08^{abc}	30.34±1.98^{cd}
	100	18.27±0.42^{abc}	84.37±2.92^{ab}	3.89±0.09^{abc}	21.71±0.29^{e}
	200	17.60±0.51^{abc}	86.57±1.47^{a}	3.90±0.15^{abc}	9.55±1.18^{hi}
10	0	18.20±0.56^{abc}	88.85±1.57^{a}	4.00±0.06^{ab}	15.99±0.36^{fg}
	25	18.05±0.34^{abc}	83.58±0.81^{ab}	3.73±0.09^{bcd}	27.53±0.98^{d}
	50	17.54±0.49^{abc}	84.36±0.95^{ab}	3.91±0.03^{abc}	48.74±1.74^{a}
	100	18.54±0.43^{abc}	81.02±2.48^{ab}	3.74±0.11^{bcd}	19.29±1.10^{ef}
	200	18.83±0.49^{ab}	84.87±2.60^{ab}	4.06±0.05^{a}	8.95±2.17^{ij}
15	0	19.03±0.42^{a}	83.84±0.81^{ab}	3.63±0.10^{cd}	14.59±1.01^{g}
	25	18.40±0.36^{abc}	84.45±1.52^{ab}	3.71±0.02^{bcd}	13.70±1.17^{gh}
	50	17.44±0.42^{bc}	85.14±4.10^{ab}	3.72±0.15^{bcd}	15.93±1.32^{fg}
	100	17.62±0.52^{abc}	81.54±1.18^{ab}	3.71±0.04^{bcd}	20.08±1.92^{ef}
	200	18.39±0.59^{abc}	81.17±5.08^{ab}	3.79±0.07^{abc}	4.93±0.59^{j}

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองที่ 1 จะเห็นว่าการให้สารละลายซูโครสโดยการฉีดพ่นทั้งสามวิธี เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (ตารางที่ 2) อาจเนื่องมาจากการฉีดพ่นซูโครสทำให้เกิดการสะสมของซูโครสในวัสดุปลูก ก่อให้เกิดสภาวะเครียดออสโมติก (osmotic stress) ที่ไม่รุนแรงแก่ต้นอ่อน ต้นอ่อนจึงยังสามารถเจริญเติบโตได้ และมีการปรับตัวโดยการสร้างสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เพื่อปรับตัวต่อสภาวะเครียดที่ได้รับ (Akula

& Ravishankar, 2011) แต่เมื่อต้นอ่อนได้รับสารละลายซูโครสที่มากเกินไป ได้แก่ ชุดทดลองการฉีดพ่นสารละลาย 5 วัน วันละ 50 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้นสูงสุด 200 มิลลิโมลาร์ ทำให้การเจริญเติบโตของต้นอ่อนลดลง (ตารางที่ 2) เนื่องจากซูโครสจัดเป็นตัวถูกละลายที่มีผลต่อค่า osmotic potential ของสารละลาย ซึ่งส่งผลต่อค่า water potential ของสารละลายนั้น การให้สารละลายซูโครสที่มากเกินไป อาจทำให้ค่า water potential ต่ำลง ต้นอ่อนจึงดูดน้ำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมได้น้อยลง ส่งผลให้การเจริญเติบโตและการสะสมน้ำหนักสดของต้นอ่อนลดลง จากผลการศึกษา พบว่าการให้สารละลายซูโครสด้วยวิธีการฉีดพ่น 5 วัน อัตราวันละ 20 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 25, 50, 100 และ 200 มิลลิโมลาร์ เป็นอัตราและความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวัน โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Baenas *et al*. (2014) โดยใช้วิธีการฉีดพ่นสารละลายซูโครสความเข้มข้น 146 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 วัน อัตราวันละ 10 มิลลิลิตร แก่ต้นอ่อนบล็อกโคลี เพื่อเพิ่มปริมาณสารประกอบทุติยภูมิ

จากผลการทดลองที่ 2 การแช่เมล็ดทานตะวันที่บ่มแล้วในสารละลายซูโครสส่วนใหญ่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน แต่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวัน (ตารางที่ 4) การแช่เมล็ดในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 10 นาที สามารถช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากซูโครสที่เมล็ดได้รับจากการแช่มีผลกระตุ้นการสร้างและการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระให้เพิ่มขึ้นระหว่างกระบวนการงอก ซึ่งผลการศึกษานี้เป็นรายงานแรกของวิธีการแช่เมล็ดที่บ่มแล้วในสารละลายซูโครสแล้วช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวัน แต่การแช่เมล็ดในความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่สูงในทุกระยะเวลา ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างเห็นได้ชัด อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของซูโครสที่สูงเกินไปมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในระหว่างกระบวนการงอก จึงทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง

จากผลการศึกษาพบว่าการให้สารละลายซูโครสทั้งวิธีการฉีดพ่นและการแช่เมล็ดที่ความเข้มข้นต่ำ (25–100 มิลลิโมลาร์) ส่วนใหญ่ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของต้นอ่อน สอดคล้องกับการศึกษาของ Fischer *et al*. (2017) รายงานว่าการให้สารละลายซูโครสความเข้มข้น 75 และ 150 มิลลิโมลาร์ ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของต้นอ่อนควินัว อย่างไรก็ตาม วิธีการให้สารและความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่เหมาะสมต่อการเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ในต้นอ่อนทานตะวันพบว่าการฉีดพ่น 5 วัน วันละ 20 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 25–200 มิลลิโมลาร์ และการแช่เมล็ดนาน 10 นาที ในความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิโมลาร์ (ตารางที่ 2 และ 4) เป็นวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งแตกต่างจากต้นอ่อนบล็อกโคลีต้องปลูกในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 88 และ 176 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 2 วัน จึงทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Natella *et al*., 2016) ขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนบัควีทจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้วิธีการฉีดพ่นสารละลายซูโครสความเข้มข้น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที ทุกๆ 6 ชั่วโมง เมื่อต้นอ่อนอายุได้ 3 วัน (Jeong *et al*., 2018)

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าสารละลายซูโครสสามารถช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวันได้ ซึ่งมีรายงานการเพิ่มขึ้นของสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนด้วยการชักนำของสารละลายซูโครส เช่น สารกลูโคซิโนเลทในต้นอ่อนผักกาด (Baenas *et al*., 2014) สารกลูโคซิโนเลท วิตามินซี แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลในต้นอ่อนบล็อกโคลี (Guo *et al*., 2011; Natella *et al*., 2016) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ศึกษาเพียงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่านั้น จึงควรมีการศึกษาถึงสารที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนทานตะวันเมื่อได้รับสารละลายซูโครสในการศึกษาต่อไป

สรุปผลการวิจัย

สารละลายซูโครสไม่สามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน และหากใช้ในความเข้มข้นที่มากเกินไปทำให้จะทำให้การเจริญเติบโตของต้นอ่อนลดลง แต่สารละลายซูโครสช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวันได้ วิธีการและความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ได้แก่ วิธีการฉีดพ่นด้วยสารละลายซูโครส 5 วัน อัตราวันละ 20 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 25, 50, 100 หรือ 200 มิลลิโมลาร์ และการแช่เมล็ดที่บ่มแล้วในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 25 หรือ 50 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 10 นาที

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KURDI) ที่มอบทุนสนับสนุนในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Akula, R., & Ravishankar, G.A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling and Behavior*, *6*, 1720–1731.

Baenas, N., García-Viguera, C., & Moreno, D.A. (2014). Biotic elicitors effectively increase the glucosinolates content in Brassicaceae sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *62*, 1881–1889.

Bolouri-Moghaddam, M.R., Roy, K.L., Xiang, L., Rolland, F., & den Ende, W.V. (2010). Sugar signaling and antioxidant network connections in plant cells. *The Federation of European Biochemical Societies Journal*, *277*, 2022–2037.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Science and Technology*, *28*, 25–30.

Cevallos-Casals, B.A., & Cisneros-Zevallos, L. (2010). Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. *Food Chemistry*, *119*, 1485–1490.

Cho, M.H., No, H.K., & Prinyawiwatkul, W. (2008). Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. *Journal of Food Science*, *73*, S70–S77.

Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M., Valdivia, W., Bustamante, L., Graf, F., & Opal, I. (2017). Protein and antioxidant composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sprout from seed submitted to water stress, salinity and light conditions. *Industrial Crops and Products*, *107*, 558–564.

Guo, R., Yuan, G., & Wang, Q. (2011). Effect of sucrose and mannitol on the accumulation of health-promoting compounds and the activity of metabolic enzymes in broccoli sprouts. *Scientia Horticulturae*, *128*, 159–165.

Jeong, H., Sung, J., Yang, J., Kim, Y., Jeong, H.S., & Lee, J. (2018). Effect of sucrose on the functional composition and antioxidant capacity of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) sprouts. *Journal of Functional Foods*, *43*, 70–76.

Márton, M., Mándoki, Zs., & Csapó, J. (2010). Evaluation of biological value of sprouts I. Fat content, fatty acid composition. *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria*, *3*, 53–65.

Natella, F., Maldini, M., Nardini, M., Azzini, E., Foddai, M.S., Giusti, A.M., Baima, S., Morelli, G. & Scaccini, C. (2016). Improvement of the nutraceutical quality of broccoli sprouts by elicitation. *Food Chemistry*, *201*, 101–109.

Pajak, P., Socha, R., Galkowska, D., Roznowski, J., & Fortuna, T. (2014). Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food Chemistry*, *143*, 300–306.

Sun, Z., Chwen, J., Ma, J., Jiang, Y., Wang, M., Ren, G., & Chen, F. (2012). Cynarin-rich sunflower (*Helianthus annuus*) sprouts possess both antiglycative and antioxidant activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*, 3260–3265.