

บทความวิจัย (Research Article)

ผลของสารกระตุ้นต่อการเจริญเติบโตและการเหนี่ยวนำการสร้างสารฟรุคแทนของ
แก่นตะวันนุชจรี สิงห์พันธ์^{1*}Effects of elicitors on growth and induction of fructans of jerusalem artichoke
(*Helianthus tuberosus* L.)Nootjaree Singphan^{1*}¹ Department of Agricultural Science, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology,
Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

* Corresponding author: nootjaree.tud@pcru.ac.th

Naresuan Phayao J. 2022;15(2):111-117.

Received; 7 May 2021; Revised: 2 August 2022; Accepted: 4 August 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารกระตุ้น จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ สารละลายเมทิลจัสโมเนตและสารสกัดจากยีสต์ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและการเหนี่ยวนำการสร้างสารฟรุคแทนของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) ทำการทดลองละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ทำการฉีดพ่นสารกระตุ้นเพียงครั้งเดียวหลังการย้ายปลูก 30 วัน พบว่า ต้นแก่นตะวันเมื่อได้รับสารกระตุ้นทุกการทดลองส่งผลให้ความสูงต้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีความสูงต้นอยู่ระหว่าง 1.17-1.43 เมตร ต้นแก่นตะวันที่ได้รับสารกระตุ้นจากชุดควบคุม สารละลายเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ และสกัดยีสต์ที่ระดับความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่การใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ และสกัดยีสต์ที่ระดับความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้ต้นแก่นตะวันที่ได้รับสารสกัดจากยีสต์ที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณ Reducing Sugar สูงสุด และการให้สารละลายเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้แก่นตะวันมีปริมาณ Fructans (Inulin+Fructo-oligosaccharides) สูงสุด ซึ่งให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ: แก่นตะวัน, สารกระตุ้น, อินนูลิน, ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

Abstract

The research aimed to study the effects of two elicitors, methyl jasmonate and yeast extract at different concentrations on growth and Fructans induction of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in the field. Randomized complete block design (RCBD) was studied. Each treatment had 3 replications and 10 plants per replication, spraying of each elicitor only one after 30 days of transplantation. The result showed that plant height of all treatments was not statistically significant difference ($p>0.05$), plant length between 1.17-1.43 m. Jerusalem artichoke were sprayed with control, 150 μ M of methyl jasmonate and 4 g/l of yeast extract resulted in not statistically significant difference ($p>0.05$) in the percentage of dry weight of plant. While, Jerusalem artichoke were sprayed with 100 μ M of methyl jasmonate and 1 g/l of yeast extract resulted the highest amount of total soluble solid which resulted in statistically significant difference ($p<0.05$) when compared with the control. In this regard, Jerusalem artichoke received 1 g/l of yeast extract gave the highest amount of reducing sugar and 100 μ M of Methyl jasmonate gave the highest Fructans (Inulin+Fructo-oligosaccharides) content which resulted in statistically significant difference ($p<0.05$) when compared with the control.

Keywords: *Helianthus tuberosus* L., Elicitors, Inulin, Fructooligosaccharides

บทนำ

แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) หรือ เยรูซาเล็ม อาร์ติโชค (Jerusalem artichoke) จัดอยู่ใน Family Asteraceae มีถิ่นกำเนิดแถบทวีปอเมริกาเหนือ ปัจจุบันกลายเป็นพืชที่รู้จักกันแพร่หลายเนื่องจากปลูกง่าย อายุสั้น ปลูกได้ทั้งปี ให้ผลผลิตต่อไร่สูง สามารถปรับตัวได้ดีในเขตร้อน ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันมาก หัวสามารถใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง เช่น รับประทานเป็นผักสดหรือต้ม ใช้ผสมในอาหารสัตว์แทนยาปฏิชีวนะ ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล อินนูลินและอุตสาหกรรมเอทานอล [1] แก่นตะวัน จัดเป็นพืชที่มีสารสำคัญที่ชื่อว่า อินนูลิน (inulin) เป็น โพลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งในกลุ่มฟรุคแทน (Fructan) เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว และเนื่องจากมีโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ B-2,1 ทำให้มีคุณสมบัติคล้ายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารได้ยาก จะถูกดูดซึมได้ช้า ทำให้ไม่รู้สึกหิว [2] ได้กล่าวถึงประโยชน์ของอินนูลินที่มีต่อสุขภาพไว้หลายประการ เช่น ช่วยลดไขมันในเลือด ช่วยในระบบขับถ่าย ป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ ช่วยป้องกันโรคอ้วน ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานและลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกช่วยส่งเสริม

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในร่างกาย และช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันต่อโรค [3]

การผลิตสารทุติยภูมิในพืชสมุนไพรทั่วไป พบว่ามีปริมาณต่ำกว่าร้อยละ 1 ของน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและระยะการเจริญเติบโตของพืช เนื่องด้วยปัจจุบันความนิยมการใช้พืชสมุนไพรเพื่อการรักษาโรคมะเร็งเพิ่มมากขึ้นและต่อเนื่อง จึงทำให้เกิดงานวิจัยพัฒนาการใช้สารกระตุ้น (elicitors) ในพืชสมุนไพรเพื่อช่วยในการผลิตสารทุติยภูมิที่มีความสำคัญในทางการแพทย์เพิ่มมากขึ้น [4] ซึ่งสารกระตุ้นที่ใช้เพิ่มการสร้างสารทุติยภูมิ สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มแรก คือ สารกระตุ้นอชีวภาพ (abiotic elicitor) เป็นสารกระตุ้นที่ได้จากสิ่งไม่มีชีวิตซึ่งเป็นกลุ่มของสารเคมี หรือสภาวะแวดล้อม และกลุ่มที่สอง คือ สารกระตุ้นชีวภาพ (biotic elicitors) เป็นสารกระตุ้นที่ได้จากสิ่งมีชีวิตลดความซับซ้อนของโมเลกุล ได้แก่ เซลล์จุลินทรีย์หรือสารสกัดจากเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น สารสกัดจากยีสต์ (Yeast extract: YE) รวมไปถึงสารกลุ่มฮอร์โมนพืช เช่น เมทิลจัสโมเนต (Methyl Jasmonate: MeJA) มักจะได้รับความนิยมนำมาประยุกต์ใช้กระตุ้นการผลิตสารทุติยภูมิในสมุนไพรหลากหลายชนิด เนื่องจากมีความปลอดภัยและสลายตัวได้ในธรรมชาติและสามารถกระตุ้นให้เกิด

การสร้างทุติยภูมิเพิ่มขึ้นในพืชเช่นเดียวกับการปลูกในธรรมชาติ เนื่องจากเซลล์พืชมีข้อมูลทางพันธุกรรมและสามารถควบคุมหน้าที่ต่าง ๆ รวมถึงกระบวนการทางชีวสังเคราะห์สารทุติยภูมิ ดังนั้นการเติมสารกระตุ้นจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นิยมใช้ในการผลิตสารทุติยภูมิด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ [5] จากการรายงาน พบว่าสารละลายเมทิลจัสโมเนทถูกนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชหลายชนิด ตัวอย่างเช่น หัวข้าวเย็น [6] ชะเอมเทศ [7] หนอนตายหยาก [8] หญ้าหวาน [9] บัวบก [10] ผักกาดหอมเรดโอ๊ค [11] และ อังงิม [12] เป็นต้น รวมถึงการนำสารกระตุ้นมาใช้ในการต้านทานโรคและการแสดงออกของยีนในยางพารา [13] เป็นต้น รวมถึงการเลือกใช้สารกระตุ้นในการศึกษาการแสดงออกของยีนเชิงปริมาณในพืชภายใต้สภาวะเครียดในสภาพโรงเรือน จากรายงานการใช้เมทิลจัสโมเนทซึ่งเป็นสารสื่อสัญญาณ (signal transduction) เกิดขึ้นในขณะที่พืชอยู่ในสภาวะความเครียดทำให้เกิดการกระตุ้นระบบการป้องกันตัวเอง [14]

ดังนั้นสารกระตุ้นที่นำมาใช้แต่ละชนิด จะทำให้เกิดกลไกการตอบสนองแตกต่างกัน ซึ่งการใช้สารกระตุ้นในการเพิ่มสารทุติยภูมิในการเพาะเลี้ยงเซลล์อาจใช้การกระตุ้นแบบชนิดเดียว หรืออาจใช้สารกระตุ้นหลาย ๆ ชนิดร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างสารทุติยภูมิ เนื่องจากกระบวนการส่งสัญญาณ และกลไกการตอบสนองที่หลากหลายของสารกระตุ้น อย่างไรก็ตามยังไม่มีศึกษาการนำสารกระตุ้นมาใช้ในการเพิ่มปริมาณอินนูลินซึ่งเป็นสารสำคัญในแก่นตะวัน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของสารกระตุ้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการเหนี่ยวนำการสร้างสารฟรุกแทนของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก โดยทำการศึกษารายการของสารกระตุ้น จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ สารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารสกัดจากยีสต์ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลอินนูลินต่อไป

วัสดุและวิธีการ

นำหัวพันธุ์แก่นตะวันสายพันธุ์ 55-5 ได้รับ ความอนุเคราะห์มาจาก ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ใช้ชิ้นส่วนของหัวที่มีขนาด 22-25 กรัม (2-4 ตา) นำไปต้มเพาะในแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น เป็นระยะเวลา 7-10 วัน เพื่อชักนำให้เกิดต้นอ่อนก่อนปลูก จากนั้นทำการเตรียมแปลงปลูก โดยการไถดะ จำนวน 1 ครั้ง และไถแปร จำนวน 2 ครั้ง ใส่ปุ๋ยขี้วัวอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วพรวนดินกลบเพื่อปรับสภาพดิน จากนั้นนำต้นกล้าย้ายลงปลูกในแปลง ใช้ระยะปลูก 50x50 เซนติเมตร การให้น้ำแบบระบบน้ำหยด ตลอดฤดูการปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่แบบโรยข้างแถว แล้วพรวนดินกลบ เมื่อต้นแก่นตะวันอายุ 30 วันหลังปลูก หลังจากนั้นทำการศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นของสารกระตุ้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการเหนี่ยวนำการสร้างสารอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรค์ของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก โดยทำการทดลองนำสารกระตุ้น จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม) สารละลายเมทิลจัสโมเนท (Sigma-Aldrich, USA) ที่ระดับความเข้มข้น 50 100 150 และ 200 ไมโครโมลาร์ และสารสกัดจากยีสต์ (Himedia™, India) ที่ระดับความเข้มข้น 1 2 3 และ 4 กรัมต่อลิตร ทำการฉีดพ่นทั่วทั้งต้น จำนวน 1 ครั้ง เมื่อแก่นตะวันอายุ 30 วันหลังย้ายปลูก ในอัตรา 100 มิลลิลิตรต่อต้น ฉีดพ่นเวลา 16.00 น.วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ทำการทดลอง ทำการเก็บเกี่ยวหัวแก่นตะวันเมื่ออายุ 120 วัน หลังย้ายปลูก

บันทึกผลการทดลองดังนี้ 1) ความสูงต้น (เมตร) วัดจากโคนต้นจนถึงจุดที่สูงที่สุดของปลายยอด 2) เปอร์เซ็นต้นน้ำหนักต้นแห้ง (เปอร์เซ็นต์) โดยนำตัวอย่างต้นแก่นตะวันยกเว้นรากมาหั่นเป็นชิ้นเล็กไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต้นแห้ง

3) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (Total Soluble Solid; TSS) ($^{\circ}$ Brix) ด้วยเครื่อง Digital refractometer นำส่วนต่างๆ ของแก่นตะวัน คือ โคนหัวหลัก กลางหัวหลัก ปลายหัวหลัก แขนงหัวใหญ่ และแขนงหัวเล็ก โดยนำหัวในตำแหน่งต่าง ๆ มาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ ห่อด้วยผ้าขาวบางแล้วใช้เครื่องบีบสกัดน้ำคั้นเพื่อทำการวัดค่า 4) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) (mg/ml) โดยวิธี 3,5 -dinitrosalicylic acid (DNS method) [14] โดยนำน้ำคั้นจากส่วนต่าง ๆ ของแก่นตะวัน ได้แก่ โคนหัวหลัก กลางหัวหลัก ปลายหัวหลัก แขนงหัวใหญ่ และแขนงหัวเล็ก นำน้ำคั้นที่ได้มาเจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DNS reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เมื่อผสมเข้ากันแล้ว นำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของน้ำตาลทั้งหมดเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคส และ 5) ปริมาณฟรุคแทนในแก่นตะวันด้วยปริมาณการตรวจวิเคราะห์ Fructans (Inulin+Fructo-oligosaccharides) ด้วยวิธี In-house method based on AOAC 997.08 and J. AOAC Inter [15-16] ได้รับการตรวจวิเคราะห์จากสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

สถานที่และระยะเวลาการทดลอง ณ แปลงทดลองทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนมีนาคม 2563 ถึง มิถุนายน 2563

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนสถิติ Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษา

ผลของการศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นของสารกระตุ้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการเหนี่ยวนำการสร้างสารฟรุคแทนของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก ภายหลังจากการเพาะปลูกเป็นระยะเวลา 120 วัน ให้ผลการทดลองดังนี้

ความสูงต้น

จากการทดลอง พบว่า ต้น แก่น ตะวัน เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยสารกระตุ้นทุกการทดลองส่งผลให้ความสูงต้นทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ความสูงต้นอยู่ระหว่าง 1.17-1.43 เมตร (Table 1)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

จากการทดลอง พบว่า ต้น แก่น ตะวัน ที่ได้รับสารกระตุ้นด้วยสารสกัดจากยีสต์ที่ระดับความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของต้นสูงที่สุด เท่ากับ 50.64 ± 4.54 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและต้น แก่น ตะวัน ที่ได้รับสารกระตุ้นสารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์ มีค่าเท่ากับ 45.45 ± 7.31 และ 42.70 ± 7.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ

จากการทดลอง พบว่า ต้น แก่น ตะวัน ที่ได้รับสารกระตุ้นสารสกัดจากยีสต์ที่ระดับความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำสูงที่สุด เท่ากับ 19.23 ± 0.06 $^{\circ}$ Brix ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับต้น แก่น ตะวัน ที่ได้รับสารกระตุ้นสารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ มีค่าเท่ากับ 19.07 ± 0.06 $^{\circ}$ Brix (Table 1)

ปริมาณ Reducing Sugar

จากการทดลอง พบว่า ต้น แก่น ตะวัน ที่ได้รับสารกระตุ้นด้วยสารสกัดจากยีสต์ที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณ Reducing Sugar สูงที่สุด เท่ากับ 17.37 ± 0.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับทุกสิ่งทดลอง (Table 1)

ปริมาณ Fructans

จากการทดลอง พบว่า ต้น แก่น ตะวัน ที่ได้รับสารกระตุ้นด้วยสารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้แก่นตะวันมีปริมาณ Fructans (Inulin+Fructo-oligosaccharides)

สูงที่สุดเท่ากับ 73.86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับทุกสิ่งทดลอง (Table 1)

ทั้งนี้จากการศึกษานิตและระดับความเข้มข้นของสารกระตุ้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการ

เหนี่ยวนำการสร้างสารฟรุกแทนของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงต้นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของต้นกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ปริมาณ Reducing sugar และปริมาณสารฟรุกแทนของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก

Table 1 Effects of elicitors on plant height, plant dry weight, total soluble solid, reducing sugar, and fructans (Inulin + Fructo-oligosaccharides) of Jerusalem artichoke.

Treatments	Plant height (m)	Plant dry weight (%)	Total Soluble Solid (°Brix)	Reducing sugar (mg/ml)	Fructans (Inulin + Fructo-oligosaccharides) (%)
0 μ M MeJA	1.40 $\pm$ 0.00	45.45 $\pm$ 7.31 ^{abc}	18.47 $\pm$ 0.06 ^b	9.12 $\pm$ 0.08 ^d	66.43 $\pm$ 0.01 ^f
50 μ M MeJA	1.43 $\pm$ 0.15	35.81 $\pm$ 8.43 ^{bc}	17.27 $\pm$ 0.40 ^c	12.42 $\pm$ 0.40 ^c	68.39 $\pm$ 0.12 ^d
100 μ M MeJA	1.37 $\pm$ 0.24	37.36 $\pm$ 7.55 ^{bc}	19.07 $\pm$ 0.06 ^a	14.51 $\pm$ 0.47 ^b	73.86 $\pm$ 0.45 ^a
150 μ M MeJA	1.28 $\pm$ 0.16	42.70 $\pm$ 7.63 ^{abc}	16.63 $\pm$ 0.06 ^e	5.61 $\pm$ 0.35 ^f	66.95 $\pm$ 0.39 ^e
200 μ M MeJA	1.37 $\pm$ 0.06	33.73 $\pm$ 6.90 ^c	17.56 $\pm$ 0.00 ^c	12.57 $\pm$ 0.92 ^c	65.43 $\pm$ 0.09 ^g
1 g/l YE	1.40 $\pm$ 0.30	47.11 $\pm$ 3.53 ^{bc}	16.43 $\pm$ 0.06 ^e	17.37 $\pm$ 0.70 ^a	68.57 $\pm$ 0.15 ^d
2 g/l YE	1.30 $\pm$ 0.17	33.00 $\pm$ 6.13 ^c	16.90 $\pm$ 0.00 ^d	6.32 $\pm$ 0.23 ^f	70.92 $\pm$ 0.88 ^c
3 g/l YE	1.30 $\pm$ 0.10	37.50 $\pm$ 4.17 ^{bc}	17.40 $\pm$ 0.10 ^c	9.39 $\pm$ 0.59 ^d	71.86 $\pm$ 0.15 ^b
4 g/l YE	1.17 $\pm$ 0.15	50.64 $\pm$ 4.54 ^a	19.23 $\pm$ 0.06 ^a	12.28 $\pm$ 0.33 ^c	68.36 $\pm$ 0.33 ^d
CV (%)	12.71	16.00	0.82	4.67	0.28
F-test	NS	*	*	*	*

Note: *=significant difference at $P<0.05$, Means followed by different letters within the same column are significantly different at $P<0.05$; Mean $\pm$ SD, n=3, NS= non-significant, MeJA= methyl jasmonate, YE=yeast extract

วิจารณ์

จากการศึกษาการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนตและสารสกัดจากยีสต์เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของแก่นตะวันในสภาพแปลงปลูก แสดงให้เห็นว่า สารกระตุ้นทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้ความสูงต้นไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง [17] ทำการศึกษาผลของสารละลายเมทิลจัสโมเนตต่ออัตราการเจริญเติบโตของดาวเรืองลูกผสมพันธุ์อเมริกัน พบว่า ขนาดทรงพุ่มและจำนวนยอดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ต้นแก่นตะวันที่ได้รับสารกระตุ้นทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ปริมาณ Reducing Sugar และปริมาณ Fructans มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุด

ควบคุม ซึ่งต้นแก่นตะวันได้รับการกระตุ้นด้วยสารสกัดจากยีสต์ที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ปริมาณ Reducing Sugar สูงที่สุดในขณะที่ต้นแก่นตะวันที่ได้รับการกระตุ้นด้วยสารละลายเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้แก่นตะวันมีสารฟรุกแทนสูงสุดเท่ากับ 73.86 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าชุดควบคุม 11.18 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการทดลองต่อไปควรศึกษาวิธีการใช้สารกระตุ้น เช่น บริเวณที่ฉีดพ่น ปริมาณที่เหมาะสมในการฉีดพ่น หรือระยะเวลาการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการให้สารกระตุ้น เช่น ระยะต้นกล้า ระยะออกดอก หรือระยะใกล้เก็บเกี่ยว ผลผลิต รวมถึงระยะเวลาการเก็บตัวอย่างในการผลิตสารฟรุกแทนของแก่นตะวันเพิ่มขึ้น จากรายงานของ

[5] พบว่าความเข้มข้นของสารละลายเมทิลจัสโมเนทมีผลต่อการพัฒนาการของพืช เช่น การเจริญของราก การแก่ของพืช การสุกแก่ของผล และการเจริญของเมล็ด กระตุ้นกลไกการป้องกันตัวจากการทำลายของจุลินทรีย์และแมลงต่างๆ รวมไปถึงความเครียดจากสภาพแวดล้อม จึงมีการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนท เป็นสารกระตุ้นในการศึกษาเพื่อเพิ่มการสร้างและสะสมสารทุติยภูมิในพืชหลายชนิด และการพ่นสารละลายเมทิลจัสโมเนทเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนดอกสูงที่สุด 2.42 ± 1.20 ดอกต่อต้นต่อเดือน สำหรับการใส่สารสกัดจากยีสต์ในการสร้างสารฟรุกแทนต้นแก่ต้นวัน พบว่า แก่นตะวันที่ได้รับการกระตุ้นด้วยสารสกัดจากยีสต์สกัดที่ระดับความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของต้นสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและต้นแก่ต้นวันที่ได้รับการกระตุ้นด้วยสารละลายเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 150 ไมโครโมลาร์

ในขณะที่การศึกษาการใช้สารละลายเมทิลจัสโมเนทและสารสกัดจากยีสต์กับต้นแก่ต้นวันในสภาพแปลงปลูก พบว่า ทุกสิ่งทดลองส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ปริมาณ Reducing sugar และปริมาณสารฟรุกแทน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมจากรายงานของ [18] ทำการเพาะเลี้ยงเซลล์รากของ *Silybum marianum* L. กระตุ้นด้วยสารสกัดจากยีสต์ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากการทดลอง พบว่าสารสกัดจากยีสต์สามารถเพิ่มการสะสมสาร silymarin ได้สูงสุด เท่ากับ 0.476 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม การที่สารสกัดจากยีสต์สามารถกระตุ้นให้เซลล์หรือชิ้นส่วนพืชสร้างและสะสมสารทุติยภูมิได้มากขึ้นอาจเนื่องจากสารสกัดจากยีสต์สามารถกระตุ้นให้พืชมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันตนเองจากโรคพืชความต้านทานของพืชนี้เกิดจากการเหนี่ยวนำให้สร้างสารบางชนิด และจากการทดลองของ [6] ศึกษาผลของกรดจัสโมนิกและสารสกัดจากยีสต์ต่อปริมาณสารทุติยภูมิ ของยอดหัวข้าวเย็น (*D. birmanica* Prain &

Burkill) ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า ยอดหัวข้าวเย็นที่ได้รับการกระตุ้นด้วยสารสกัดจากยีสต์ความเข้มข้น 3 และ 4 กรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นให้ยอดหัวข้าวเย็นมีปริมาณสารซาโปนินทั้งหมดสูงขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2563 (PCRU_2563_TSRI_012)

เอกสารอ้างอิง

1. Vorasoot N., Jogloy, S. Inulin: Non-digestible carbohydrate as soluble fiber from Kaentawan for human health. Khon Kaen Agric. 2006;34 (2): 85-91.
2. Oraffi. Active food scientific monitor, An Oraffi Newsletter, Nr. 12-spring. 2005.
3. Kolida, S., Tuohy, K., and Gibson, G. R. Prebiotic effects of inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition. 2002; 87(2). 193-197.
4. Singh, A. and P. Dwivedi. Methyl-jasmonate and salicylic acid as potent elicitors for secondary metabolite production in medicinal plants: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018;7(1): 750-757.
5. Putalun, W. Plant Tissue Culture: Study Guide for Producing Pharmacologically Active Secondary Substances. Khon Kaen Pimpattana Company Limited, Khon Kaen. 2008;120 p.
6. Jirapongpattana, R., Jirakiattikul, Y., Rithichai, P. Effects of Jasmonic acid and Yeast Extract on Secondary Metabolite Contents in Shoot Culture of *Dioscorea birmanica* Prain & Burkill. Thai Science and Technology Journal. 2017;25(3): 487-496.

7. Shabani, L., Ehsanpour, A. A., Asghari, G., Emami, J. Glycyrrhizin production by *in vitro* cultured *Glycyrrhiza glabra* elicited by methyl jasmonate and salicylic acid. Russian Journal of Plant Physiology. 2009;56(5): 621-626.
8. Chaichana, N., Dheeranupattana, S. Effects of methyl jasmonate and salicylic acid on alkaloid production from *in vitro* culture of *Stemona* sp. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics. 2012;2(3): 146-150.
9. Moharramnejad, S., Azam, A. T., Panahandeh, J., Dehghanian, Z., Ashraf, M. Effect of methyl jasmonate and salicylic acid on *in vitro* growth, stevioside production, and oxidative defense system in *Stevia rebaudiana*. Sugar Tech. 2019;21(6): 1031-1038.
10. Van Nguyen, K., Pongkitwitoon, B., Pathomwichaiwat, T., Viboonjun, U., Prathanturarug, S. Effects of methyl jasmonate on the growth and triterpenoid production of diploid and tetraploid *Centella asiatica* (L.) Urb. hairy root cultures. Scientific reports. 2019;9(1): 1-8.
11. Marsh, Z., Yang, T., Nopo-Olazabal, L., Wu, S., Ingle, T., Joshee, N., Medina-Bolivar, F. Effect of light, methyl jasmonate and cyclodextrin on production of phenolic compounds in hairy root cultures of *Scutellaria lateriflora*. Phytochemistry. 2014;107: 50-60.
12. Khitka, B. Influence of Methyl Jasmonate on Antioxidant Activity and Nutritional Value of Red Oak Lettuce in Hydroponics Farming System. Khon Kaen Agric. 2014; 42(1): 652-657.
13. Yodyotee, Y. Induced Resistance and Expression of PR-1 Gene in *Hevea brasiliensis* muell. arg. by Various Stimulants. Degree of Master of Science in Biochemistry. Prince of Songkla University. 2011; 120 p.
14. Ahmadi, F.I. Karimi, K., and Struik, P.C. Effect of exogenous application of methyl jasmonate on physiological and biochemical characteristics of *Brassica napus* L. cv. Talaye under salinity stress. South African Journal of Botany. 2018;115: 5-11.
15. Miller, G. L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. Prince of Songkla University Anal. Chem. 1959;31(3), 426-428.
16. George W L. Official Methods of Analysis 21th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, Method. 2019.
17. George W L. Official Methods of Analysis. 17th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD. 2000.
18. Promchan, T., Thanajansri, C., Chansanguan, P. Effects of Methyl Jasmonate Solution on the Growth Rate of American Marigolds Hybrid. Songklanakarin Journal of Plant Science. 2016; 3(2): 41-48.
19. Hasanloo, T., Khavari-Nejad, R.A., Majidi, E. Ardakani, M.S. Flavonolignan production in cell suspension culture of *Silybum marianum*, Pharma boil. 2009; 46: 876-882.