

อิทธิพลของประเภทปุ๋ยที่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวมและอินนูลินในแก่นตะวัน
Influence of Fertilizer Types on Total Phenolic and Inulin Contents in Jerusalem artichoke
(*Helianthus tuberosus* L.)

ชยุต ศรีฮากัญ¹ วรณวิภา พินทะ¹ และช่อแก้ว อนิลบล²
 Chayut Srihanoo¹, Wanwipa Pinta¹ and Chorkaew Aninbon²

บทคัดย่อ

แก่นตะวันเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของประเภทปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลินในหัวแก่นตะวัน วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ตำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บข้อมูลความสูง วัดค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) พื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักแห้งต้นและใบ จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวต่อแปลงย่อย ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลิน ผลการทดลองพบว่า ประเภทของปุ๋ยทำให้พื้นที่ใบและจำนวนหัวต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้พื้นที่ใบสูงที่สุด ($p < 0.01$) ขณะที่ปุ๋ยคอกทำให้จำนวนหัวต่อต้นสูงที่สุด ($p < 0.01$) ประเภทของปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวมและอินนูลิน แต่มีแนวโน้มว่า การใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยประเภทอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบสหสัมพันธ์ระหว่าง 1) ปริมาณฟีนอลิกรวมกับค่า SCMR (0.99^{**}) และ 2) ปริมาณอินนูลินกับจำนวนหัวต่อต้น (0.98^*) ของแก่นตะวัน

คำสำคัญ: แก่นตะวัน ปุ๋ยอินทรีย์ ฟีนอลิก อินนูลิน

Abstract

Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) is a plant that has potential as a health food. The objective of this research was to determine the influence of fertilizer types on growth, yield, and total phenolic and inulin contents in Jerusalem artichoke seed pods. The experiment was conducted by using randomized complete block designed (RCBD) with 4 levels. The treatment consisted of 1) no fertilizer application 2) chemical fertilizer at the rate of 25 kg/rai 3) manure fertilizer at the rate of 1,000 kg/rai and 4) bio-composted fertilizer at the rate of 1,000 kg/rai. Plant height, SPAD chlorophyll meter reading (SCMR), leaf area per plant, leaf dry weight, stem dry weight, number of tubers per plant, total phenolic and inulin contents were collected. The results showed that fertilizer type statistically affected leaf area and number of tubers per plant. Chemical fertilizers application showed the highest of leaf area but results were not significantly different from manure fertilizer, whereas application of manure fertilizer produced the highest number of tubers per plant. Fertilizer type created no significant effect on total phenolic and inulin contents. However, manure and biofertilizer application showed a trend to increase total phenolic and inulin content compared with other fertilizer applications. In addition, the significant correlations were found between: 1) total phenolic content and SCMR (0.99^{**}) and 2) inulin content and head per plant (0.98^*) of Jerusalem artichoke.

Keywords: Jerusalem artichoke, organic fertilizer, phenolic, inulin

¹สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อ. พังโคน จ. สกลนคร 47160

¹Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus, Phung Khon, Sakon Nakhon 47160

²ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

^{*}Corresponding author, Email: wanwipanoi@gmail.com

คำนำ

แก่งตะวันมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* L. เป็นพืชหัว (tuber) อยู่ในตระกูลเดียวกับทานตะวัน มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาเหนือ (Cosgrove et al., 1991) เป็นพืชที่มีการสะสมอินนูลินในหัวใต้ดินมากถึงร้อยละ 14-19 ของน้ำหนักหัวสด อินนูลินเป็นสารเยื่อใยอาหาร จะไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก จึงอยู่ในระบบทางเดินอาหารนาน ทำให้ไม่รู้สึกหิว รับประทานอาหารได้น้อยลงทำให้ไม่เป็นโรคอ้วน (Farnworth, 1993) นอกจากนี้ ในหัวแก่งตะวันยังมีส่วนประกอบของสารประกอบฟีนอลิก โดยปัจจุบันพบว่า สารชนิดนี้เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดและช่วยกำจัดสารพิษที่ก่อให้เกิดเซลล์มะเร็งในร่างกายได้ (Chen and Blumberg, 2008) นอกจากนี้อินนูลินยังเป็นพรีไบโอติกที่ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโรคซึ่งเป็นอาหารของพรีไบโอติก (probiotic) ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ดีมีประโยชน์ และช่วยกระตุ้นการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน (Wilson and Whelan, 2017)

ปัจจุบัน อาหารที่ปลูกในระบบอินทรีย์ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคอย่างแพร่หลาย ถึงแม้ว่าจะมีราคาสูงกว่าอาหารทั่วไปก็ตาม เพราะผู้บริโภคเชื่อว่าจะได้รับความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการผลิตอาหารอินทรีย์ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารต่าง ๆ ในพืช ตัวอย่างเช่น ในมะเขือเทศ การปลูกในระบบฟาร์มแบบอินทรีย์ ทำให้สารฟีนอลิกรวมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกแบบมาตรฐาน แต่การเพิ่มขึ้นไม่ได้พบในมะเขือเทศทุกสายพันธุ์ ส่วนในพริกพบว่า เมื่อปลูกในระบบอินทรีย์จะทำให้สารฟีนอลิกรวมลดลง (Chassy et al., 2006) อย่างไรก็ตามพบว่า การปลูกกะหล่ำและ collard ในระบบอินทรีย์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลิกเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในระบบมาตรฐาน (Young et al., 2005) ผลการทดลองพบเช่นเดียวกับใน lettuce โดยพบว่า เมื่อปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (compost + fish emulsion) เปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี (N-P-K + CaNO₃) จะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลิกใน lettuce สำหรับการศึกษานิตปุ๋ยที่มีผลต่ออินนูลินพบว่า ปริมาณอินนูลินใน chicory ที่ปลูกในสภาพได้รับน้ำปกติจะมีค่าสูงในทริตเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยคอกเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยคอก (Boogar et al., 2018) Pinmongkhonkul et al. (2021) พบว่า สารอินนูลินมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากบทบาทของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเศษซากพืชในดินทำให้เพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินให้ดีขึ้น

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า พืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อการปลูกแบบใช้ปุ๋ยอินทรีย์แตกต่างกัน นอกจากนี้ แม้จะเป็นพืชชนิดเดียวกันแต่การตอบสนองก็แตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ อีกทั้งการตอบสนองของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสารฟีนอลิกในแก่งตะวันและอินนูลินยังไม่มีรายงานมาก่อน ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้คือการศึกษอิทธิพลของปุ๋ยแต่ละประเภทที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิกและอินนูลินในหัวแก่งตะวัน ผลงานวิจัยที่ได้ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการวางแผนปรับปรุงพันธุ์แก่งตะวันให้มีสารฟีนอลิกและอินนูลินสูงเมื่อปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์

วิธีการศึกษา

แผนการทดลองและสถานที่ทำการทดลอง

ทดลองที่แปลงทดลองของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ 4 ตำรับการทดลอง ประกอบไปด้วย 1) ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร 3) ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์แก่งตะวันที่ใช้คือ HEL65 กำหนดให้แปลงย่อยมีขนาดเท่ากับ 4 × 4 เมตร โดยมีระยะระหว่างแถวเท่ากับ 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างต้นเท่ากับ 50 เซนติเมตร

การเตรียมกล้าแก่งตะวัน การปลูก และการดูแลรักษา

นำหัวพันธุ์แก่งตะวันที่จะใช้ผ่านการแช่ในอ่างเย็นหรือตู้เย็น ที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 2 สัปดาห์ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้หัวพันธุ์พร้อมที่จะงอก หลังจากนั้นตัดแบ่งให้มีตาประมาณ 3-4 ตาต่อชิ้น นำขึ้นหัวพันธุ์ที่เตรียมไว้ในวัสดุเพาะ กลบปิดหัวพันธุ์บาง ๆ ด้วยวัสดุเพาะ รดน้ำให้ชุ่ม เมื่อหัวพันธุ์มีอายุได้ 15-20 วัน จึงทำการย้ายลงแปลงปลูก หลังการย้ายต้นกล้าลงแปลงปลูก มีการให้น้ำวันละ 1-2 ครั้ง โดยมีการให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ ให้ปุ๋ยประเภทต่าง ๆ เมื่อแก่งตะวันอายุได้ 20 และ 60 วันหลังจากย้ายปลูก กำจัดวัชพืชโดยใช้จอบ เสียม ถากออก และไม่ใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช

การเก็บข้อมูล

สมบัติทางเคมีของดิน

เก็บดินในแปลงก่อนการปลูกเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี โดยเก็บดิน 4 จุด กระจายทั่วแปลง หลังจากนั้น นำดินที่เก็บได้ทั้งหมดมารวมกัน ตากให้แห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K)

ข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของแกล่นตะวัน

เก็บข้อมูลความสูงของแกล่นตะวันที่ระยะ 30 60 และ 90 วันหลังย้ายปลูก เก็บข้อมูลพื้นที่ใบต่อต้นที่ระยะ 90 วันหลังย้ายปลูก โดยการเก็บตัวอย่างใบแกล่นตะวันจำนวน 5 ต้น แยกส่วนต้นและใบออกจากกัน สุ่มใบประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของใบทั้งหมด เพื่อนำไปวัดพื้นที่ใบด้วยเครื่อง LI-3100 area meter (LI-COR, inc. Lincoln Nebraska USA) เก็บข้อมูล SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ที่ระยะ 90 วันหลังปลูก ทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter ทำการวัดจากแกล่นตะวัน 5 ต้น บริเวณใบที่ 2 นับจากยอดของลำต้นหลักที่แผ่ขยายเต็มที่

เก็บข้อมูลจำนวนหัวต่อต้น โดยสุ่มแกล่นตะวัน 5 ต้น จากแกล่นตะวันที่เก็บเกี่ยวทั้งหมดในพื้นที่เก็บเกี่ยวมานับจำนวนหัวทั้งหมด แล้วคำนวณหาจำนวนหัวต่อต้น เก็บข้อมูลน้ำหนักแห้งต้นและใบ โดยนำต้นแกล่นตะวันทั้งหมดจากพื้นที่เก็บเกี่ยว ตัดรากออกจากส่วนของต้น จากนั้นทำการสุ่ม 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส หรือจนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้งและคำนวณหาน้ำหนักแห้งของต้นต่อแปลงย่อย เก็บผลผลิตแกล่นตะวันโดยชั่งน้ำหนักหัวแกล่นตะวันในพื้นที่เก็บเกี่ยวทั้งหมด และคำนวณเป็นน้ำหนักหัวต่อแปลงย่อย หลังจากนั้นคำนวณดัชนีเก็บเกี่ยวหัวสด (harvest index; HI) โดยใช้สูตร ดัชนีเก็บเกี่ยว = น้ำหนักหัวสด/น้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

การวิเคราะห์สารฟีนอลิก

สุ่มตัวอย่างแกล่นตะวันจากแต่ละแปลงย่อย จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งมีน้ำหนักแห้งคงที่ ตัวอย่างที่อบแห้งทั้งหมด นำไปบดหยาบให้มีขนาดเล็กลง ทำการวิเคราะห์สารฟีนอลิกรวมโดยดัดแปลงตามวิธีการของ Torres et al. (1987) โดยทำการสุ่มตัวอย่างที่บดแล้วจำนวน 2 กรัม เพื่อนำไปบดอีกครั้งด้วยโกร่งเพื่อให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างที่ได้จากการบดด้วยโกร่ง นำไปสกัดด้วย methanol ปริมาตร 40 มิลลิลิตร นาน 2 ชั่วโมง โดยวางตัวอย่างบนเครื่อง stirrer เพื่อไม่ให้ตัวอย่างตกตะกอน หลังจากนั้นย้ายสารละลายลงในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,200 rpm เป็นเวลา 5 นาที เพื่อแยกชั้นสารสกัดและเศษตัวอย่างออกจากกัน หลังจากนั้นย้ายส่วนที่เป็นสารละลายด้านบนใส่ในหลอดใหม่ และนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ระเหยสารละลายให้เหลือปริมาตร 2 มิลลิลิตรโดยใช้เครื่อง evaporator จะได้สารละลายตัวอย่างปริมาตร 2 มิลลิลิตร

วิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ Folin-ciocalteu reaction เมื่อผสมสารต่าง ๆ เข้ากันดีแล้ว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

การวิเคราะห์สารอินนูลิน

การวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน ตามวิธีของ Saengkanuk et al. (2011) โดยชั่งตัวอย่างแกล่นตะวันที่บดละเอียด 2 กรัมต่อตัวอย่าง เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร วางตัวอย่างลงใน waterbath ที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที รอให้เย็น นำตัวอย่างมารองด้วยกระดาษกรอง โดยวางผ้าก๊อชบนกระดาษกรอง จากนั้นเตรียม volumetric flask เติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร และ สารละลายไฮโดรคลอริก 0.75 มิลลิลิตร (HCl) ใส่ตัวอย่าง 500 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น จากนั้นเทใส่ขวดรูปชมพู่ ปิดด้วยฟอยล์ นำไปต้มที่น้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำตัวอย่างแช่น้ำเย็นหรือน้ำแข็งเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำตัวอย่างเทใส่ขวด 30 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็นปกติ และเตรียมวัด spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 390 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ตาม Model ของแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD และหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับการให้ผลผลิต ปริมาณสารฟีนอลิกและอินนูลินในแกล่นตะวันที่ได้รับปุ๋ยแตกต่างกัน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติของดิน

จากการวิเคราะห์ดินในแปลงก่อนปลูกพบว่าในแปลงมีอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.48 % มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 58.06 mg/kg และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 52.43 mg/kg (Table 1)

Table 1 Organic matter, available P and exchangeable K of soil prior the experiment.

Organic matter (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
1.48	58.06	52.43

การเจริญเติบโตของแก่นตะวัน

จากการศึกษาผลของปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ต่อความสูงของต้นแก่นตะวันพบว่า ประเภทปุ๋ยไม่มีผลต่อความสูงของแก่นตะวัน ที่อายุ 30 และ 90 วันหลังย้ายปลูก แต่ทำให้ความสูงที่อายุ 60 วันหลังย้ายปลูกแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้แก่นตะวันสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้แก่นตะวันมีความสูงน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับค่า SCMR พบว่า ประเภทปุ๋ยไม่มีผลต่อค่า SCMR ในแก่นตะวัน (Table 2) แต่มีแนวโน้มว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ค่า SCMR ในแก่นตะวันสูงที่สุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใส่ปุ๋ยคอกมีแนวโน้มทำให้ค่า SCMR ต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาพื้นที่ใบต่อต้นพบว่า การใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ทำให้พื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้แก่นตะวันมีพื้นที่ใบสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ซึ่งมีค่าพื้นที่ใบเท่ากับ 1,565 1,329 817 และ 742 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2) ผลการศึกษาสอดคล้องกับสนั่น จอกลอย และคณะ (2549) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่ทำให้แก่นตะวันมีค่า SCMR แตกต่างกันทางสถิติที่อายุ 70, 90, 100 และ 130 วันหลังปลูก อาจเป็นผลเนื่องมาจากอายุของต้นแก่นตะวันที่ 90 วันหลังปลูก อยู่ในช่วงออกดอก ทำให้อาหารที่สังเคราะห์ได้ถูกนำไปใช้ในการเลี้ยงส่วนของดอกและเตรียมสะสมในลำต้น เมื่อใกล้ถึงอายุเก็บเกี่ยวอาหารที่สะสมที่ลำต้นและใบจะเคลื่อนย้ายไปสะสมยังหัวใต้ดิน อีกทั้งยังพบว่าพื้นที่ใบต่อต้นมีค่าสูงที่สุดในวิธีเมล็ดที่ใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งอาจเนื่องมาจากปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้มากกว่าปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ทำให้แก่นตะวันมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดีกว่า ส่งผลให้ค่าพื้นที่ใบสูงที่สุด

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของแก่นตะวัน

จากการศึกษาพบว่า น้ำหนักต้นแห้งและน้ำหนักใบแห้งต่อต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อใส่ปุ๋ยต่างชนิดกัน แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้น้ำหนักต้นแห้งและน้ำหนักใบแห้งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ (Table 3) นอกจากนี้ ประเภทปุ๋ยทำให้จำนวนหัวต่อต้นของแก่นตะวันแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งการใส่ปุ๋ยคอกทำให้จำนวนหัวต่อต้นของแก่นตะวันสูงที่สุดคือ 33.7 หัวต่อต้น รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยเคมี โดยมีจำนวนหัวต่อต้นเท่ากับ 27.0, 22.7 และ 16.7 หัวต่อต้น ตามลำดับ (Table 3) ผลการศึกษาสอดคล้องกับ อัศนี อัชจรรย์มนตรี (2557) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วน 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 2,857.5 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แก่นตะวันมีศักยภาพในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในระบบเกษตรอินทรีย์ จากการทดลองนี้พบว่า แก่นตะวันที่ได้รับปุ๋ยเคมีจะมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นสูงที่สุด แต่มีจำนวนหัวน้อย ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า ปุ๋ยเคมีทำให้แก่นตะวันมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่มากเกินไป และส่งผลให้การสร้างผลผลิตลดลง เมื่อพิจารณาน้ำหนักหัวสดของแก่นตะวันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยการใส่ปุ๋ยคอกมีผลทำให้น้ำหนักหัวสดของแก่นตะวันมากที่สุดคือ 1,941.1 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยเคมี (1,783.7 กิโลกรัมต่อไร่) และปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด (1,321.5 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักหัวสดเท่ากับ 574.1 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้พบว่า ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของแก่นตะวันไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้ปุ๋ยต่างชนิดกัน (Table 3)

Table 2 Plant height (cm) at 30, 60 and 90 days after planting (DAP), SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) at 90 DAP and leaf area (cm²/plant) at 90 DAP of Jerusalem artichoke growing with different fertilizer type.

Fertilizer type	Plant height (cm)			SCMR	Leaf area/Plant (cm ² /plant)
	30 DAP	60 DAP	90 DAP		
No fertilizer	21.3	42.5 b	92.8	38.56	817.8b
Chemical fertilizer	33.9	74.9 a	112.0	40.08	1,721.8a
Manure fertilizer	28.0	69.6 a	110.4	38.13	1,329.4a
Bio fertilizer	27.7	58.0 ab	107.0	39.33	742.8b
F-test	ns	*	ns	ns	**
CV (%)	20.36	18.53	7.51	4.58	16.25

ns: non-significant; *, **Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Table 3 Stem dry weight (g), leaf dry weight (g), number of tubers per plant and harvest index (HI) of Jerusalem artichoke growing with different fertilizer type.

Fertilizer type	Stem dry weight	Leaf dry weight	No. of Tuber/plant	Tuber fresh weight (kg rai ⁻¹)	HI
	(g)	(g)			
No fertilizer	65.5	43.5	22.7 b	574.1 b	0.59
Chemical fertilizer	129.6	70.0	16.7 b	1783.7 a	0.69
Manure fertilizer	115.1	60.4	33.7 a	1941.1 a	0.74
Bio fertilizer	144.2	62.0	27.0 ab	1321.5 a	0.62
F-test	ns	ns	*	**	ns
CV (%)	42.47	25.64	21.76	22.43	17.87

ns: non-significant; *, **Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและอินนูลิน

จากการทดลองพบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลินในหัวแก่้นตะวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้ปุ๋ยต่างชนิดกัน (Table 4) แต่มีแนวโน้มว่า การใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด จะทำให้สารฟีนอลิกรวมสูงที่สุด ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยส่งผลให้แก่นตะวันมีการสะสมสารฟีนอลิกน้อยที่สุด ผลการทดลองสอดคล้องกับ นราร ใคว์วิสัยแสง และช่อแก้ว อนิลบล (2563) ที่พบว่า การสร้างสารฟีนอลิกรวมในเมล็ดถั่วลิสงไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้ปุ๋ยต่างชนิดกัน แต่มีแนวโน้มว่า การใช้ปุ๋ยคางควมทำให้สารฟีนอลิกสูงที่สุด นอกจากนี้ Amarowicz et al. (2020) ศึกษาปริมาณไนโตรเจนที่มีผลต่อการสร้างสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในแก่นตะวัน 3 สายพันธุ์ พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกรวมในแก่นตะวันแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองที่ต่างกัน โดยพันธุ์ Rubik มีปริมาณสารฟีนอลิกต่ำสุดเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในขณะที่พันธุ์ Gute Gelbe มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุดเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การศึกษาในครั้งนี้พบว่าพันธุ์ HEL 65 มีการตอบสนองคล้ายกับพันธุ์ Gute Gelbe ที่มีปริมาณสารฟีนอลิกรวมน้อยที่สุดในทรีตเมนต์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

สำหรับการศึกษาปริมาณอินนูลินในหัวแก่้นตะวันพบว่า ประเภทปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณอินนูลินในหัวแก่้นตะวัน แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดทำให้ปริมาณอินนูลินสูงที่สุดคือ 65.91% รองลงมาคือปุ๋ยคอก (61.38%) ปุ๋ยเคมี (59.64%) และไม่ใส่ปุ๋ย (53.41%) ตามลำดับ ปริมาณอินนูลินของแก่นตะวันในการศึกษานี้พบว่า มีปริมาณอยู่ในช่วง 53.41-65.91% สอดคล้องกับการศึกษาของ Puttha et al. (2012) ที่พบว่าปริมาณอินนูลินในเชื้อพันธุ์กรรมแก่นตะวันจำนวน 79 accession อยู่ในช่วง 55.3-74.0% นำหนักแห้ง นอกจากนี้ การศึกษาในครั้งนี้พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกมีแนวโน้มทำให้ปริมาณอินนูลินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและการไม่ใส่ปุ๋ย ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Boogar et al. (2018) ที่พบว่าปริมาณอินนูลินใน chicory ที่ปลูกในสภาพได้รับน้ำปกติจะมีค่าสูงในทรีตเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยคอกเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยคอก

Table 4 Total phenolic content (mg/100 g dry weight) and Inulin content (%) of Jerusalem artichoke growing with different fertilizer types.

Fertilizer type	Total phenolic content (mg/100 g dry weight)	Inulin content (%)
No fertilizer	12.98	53.41
Chemical fertilizer	17.88	59.64
Manure fertilizer	18.09	61.38
Bio fertilizer	18.99	65.91
F-test	ns	ns
CV (%)	29.03	7.92

ns: non-significant.

สหสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณฟีนอลิกรวมและอินนูลินในแก่นตะวัน

สหสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณฟีนอลิกรวมและอินนูลินในแก่นตะวันพบว่า น้ำหนักแห้งใบมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับพื้นที่ใบ (0.97*) และน้ำหนักต้นแห้ง (0.99**) และยังพบว่าปริมาณฟีนอลิกในหัวแก่นตะวันมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่า SCMR (0.99**) นั่นคือเมื่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นค่า SCMR เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และปริมาณอินนูลินมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนหัวต่อต้น (0.98*) แสดงให้เห็นว่าปริมาณอินนูลินที่สูงขึ้นจะมีจำนวนหัวต่อต้นเพิ่มมากขึ้น (Table 5)

สรุปผลการศึกษา

การใส่ปุ๋ยในตำรับการทดลอง ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ต้นแก่นตะวันมีความสูงที่อายุ 30 และ 90 วันหลังปลูก SCMR น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง และ HI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้พื้นที่ใบสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยคอก ส่วนการใส่ปุ๋ยคอก ทำให้จำนวนหัวต่อต้นสูงที่สุด ประเภทของปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวมและอินนูลิน แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ดังนั้นในการปลูกแก่นตะวันในระบบเกษตรอินทรีย์ที่มีการใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด น่าจะช่วยให้มีปริมาณสารฟีนอลิกและอินนูลินสูงขึ้น โดยไม่ทำให้ผลผลิตหัวลดลง และยังพบค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง 1) ปริมาณฟีนอลิกรวมกับค่า SCMR (0.99**) และ 2) ปริมาณอินนูลินกับจำนวนหัวต่อต้น (0.98*) ของแก่นตะวัน นอกจากนี้ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลิกแต่ละชนิดในหัวแก่นตะวันเมื่อใช้ปุ๋ยต่างประเภทกัน เพราะสารฟีนอลิกแต่ละชนิดอาจมีการตอบสนองที่แตกต่างกันไป เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงพันธุ์แก่นตะวันปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ให้มีสารฟีนอลิกสูงต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

Table 5 Correlation between growth characters, total phenolic content and inulin content of Jerusalem artichoke growing by different fertilizer types.

	Height	Stem diameter	SCMR	Leaf area	Tuber no.	Tuber weight	Stem dry weight	Leaf dry weight	Phenolic content
Stem diameter	0.4811								
SCMR	-0.1677	-0.0979							
Leaf area	-0.1068	0.6502	0.5836						
Tuber no.	-0.1768	-0.0021	-0.9378	-0.4833					
Tuber weight	0.5433	0.788	-0.681	0.0767	0.5354				
Stem dry weight	0.2258	0.8269	0.4655	0.9425	-0.4787	0.3056			
Leaf dry weight	0.1247	0.7923	0.4903	0.9711*	-0.4674	0.2555	0.9947**		
Phenolic content	-0.1847	-0.0928	0.9997**	0.5959	-0.9306	-0.6795	0.4726	0.4993	
Inulin content	0.0700	-0.1886	0.9442	0.3587	0.9816*	-0.6801	0.3166	0.3134	0.9364

เอกสารอ้างอิง

- นราธร คุ้มวิไลยแสง และช่อแก้ว อนิลบล. 2563. อิทธิพลของชนิดปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อองค์ประกอบผลผลิต และสารฟีนอลิกรวมในถั่วลิสง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 28(2): 265-273.
- สนั่น จอกลอย รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตุลา และถวัลย์ เกษมาลา. 2549. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ ถั่วลิสง. *เกษตร 34(2)*: 171-182.
- อัคร อัจฉริยมนตรี. 2557. ศักยภาพการให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของถั่วลิสงในสภาพเกษตรอินทรีย์. ใน *รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52: สาขาพืช*. น. 388-393. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- Amarowicz, R., Cwalina-Ambroziak, B., Janiak, M. A., and Bogucka, B. 2020. Effect of N fertilization on the content of phenolic compounds in Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and their antioxidant capacity. *Agronomy* 12(10): 1-12.
- Boogar, A. R., Saedi, F., and Mosavi, S. M. 2018. Effect of organic manures on nutritional quality of chicory under water deficit. *Advancement in Medicinal Plant Research* 6(3): 46-53.
- Chassy, A. W., Bui, L., Renaud, E. N. C., Horn, M. V., and Mitchell, A. E. 2006. Three-year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 8244-8252.
- Chen, C. Y. O., and Blumberg, J. B. 2008. Phytochemical composition of nuts. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 17: 329-332.
- Cosgrove, D. R., Oelke, E. A., Doll, J. D., Daves, D. W., Undersander, D. J., and Splinger, S. E. 1991. Jerusalem artichoke. Purdue University. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/jerisart.html>. (24 April 2018).
- Farnworth, E.R. 1993. Fructans in human and animal diets. In *Science and Technology of Fructans*, M. Suzuki and N.J. Chatterton, eds. pp. 257-272. London: CRC Press.
- Pinmongkhonkul, S., Ganranoo, L., Timsom, Y., Jantapatak, Y., and Boonriam, W. 2021. Inulin evaluation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) from organic cultivation areas, Phayao, Thailand. *International Journal of Agricultural Technology* 17(2): 627-640.
- Puttha, R., Jogloy, S., Wangsomnuk, P. P., Srijaranai, S., Kesmala, T., and Patanothai, A. 2012. Genotypic variability and genotype by environment interactions for inulin content of Jerusalem artichoke germplasm. *Euphytica* 183: 119-131.
- Saengkanuk, A., Nuchadomrong, S., Jogloy, S., Patanothai, A. and Srijaranai S. 2011. A simplified spectrophotometric method for the determination of inulin in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *European Food Research and Technology* 233: 609-616.
- Torres, A. M., Mau-Lastovicka, T., and Rezaaiyan, R. 1987. Total phenolics and high-performance liquid chromatography of phenolic acids of avocado. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 35: 921-925.
- Wilson, B., and Whelan, K. 2017. Prebiotic inulin-type fructans and galacto-oligosaccharides: definition, specificity, function, and application in gastrointestinal disorders. *Journal of Gastroenterology and Hepatology* 32: 64-68.
- Young, J. E., Zhao, X., Carey, E. E., Welte, R., Yang, S., and Wang, W. 2005. Phytochemical phenolics in organically grown Vegetables. *Molecular Nutrition & Food Research* 49: 1136-1142.

วันรับบทความ : (Received date) : 31 ส.ค. 64

วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 3 ม.ค. 65

วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 12 เม.ย. 65