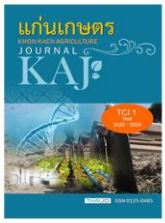
วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



เทคนิคสัมผัสพืชด้วยวิธีกลโดยการปัดแปรงเพื่อการผลิตแก่นตะวันเป็นไม้กระถาง

Mechanical stimulation techniques by brushing for Jerusalem artichoke potted plants production

เกสร แก้วบัว[1] และ ภาณุพล หงษ์ภักดี[1]*

Kesorn Kaewbua[1] and Panupon Hongpakdee[1]*

[1] สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

บทคัดย่อ: การศึกษาการสัมผัสพืชด้วยวิธีกล (Mechanical stimulation: MS) เป็นวิธีหนึ่งในการควบคุมความสูงของพืช เพิ่มความกะทัดรัด ความสม่ำเสมอ และช่วยเพิ่มความแข็งแรงของพืชได้ จึงนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตไม้กระถาง (potted plant) ทดแทนการใช้สารเคมีกลุ่มสารชะลอการเจริญเติบโต (plant growth retardant: PGR) ซึ่งอาจมีผลตกค้างในผลผลิต ดำเนินการศึกษาการตอบสนองของการสัมผัสโดยการปัดแปรง (brushing) ต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) พันธุ์เบอร์ 3 หรือ พันธุ์ CN 52867 เพื่อผลิตเป็นไม้ดอกกระถางพร้อมบริโภค (edible flowering potted plant) โดยปลูกต้นกล้าแก่นตะวันที่ได้จากการบ่มหัวพันธุ์ซึ่งหั่นเป็นแว่นๆ ในกระถางพลาสติกขนาด 6 x 12 นิ้ว ที่บรรจุวัสดุปลูก คือ ทราย: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ ในอัตราส่วน 1:1:1 เมื่อต้นกล้าแก่นตะวันอายุ 20 วันหลังเพาะหรือยอดยาวประมาณ 15 เซนติเมตร (จำนวน 6 ใบ) คัดเลือกต้นที่สมบูรณ์เข้าสู่กรรมวิธี ต่างๆ ดำเนินงานทดลองโดยใช้แผนการทดลอง completely randomized design (CRD) มีทั้งหมด 3 กรรมวิธี คือ T1: กรรมวิธีควบคุม (ไม่มีการสัมผัสต้นพืช), T2: กรรมวิธีการปัดแปรง 15 นาที และ T3: กรรมวิธีการปัดแปรง 30 นาที ภายใต้การติดตั้งระบบการสัมผัสพืชแบบอัตโนมัติ ด้วยอัตราความเร็ว 1.8 เมตรต่อนาที ผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีการสัมผัสพืชโดยการปัดแปรงทั้ง 2 แบบ (T2 และ T3) สามารถลดความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักแห้งใบ และอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ด้านความสูง แต่เพิ่มค่าความกะทัดรัดของต้นแก่นตะวันได้ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ (กรรมวิธีควบคุม) การปัดแปรงจึงมีศักยภาพที่จะใช้พัฒนาแก่นตะวันเป็นไม้กระถางได้

คำสำคัญ: การสัมผัสพืชด้วยวิธีกล; การปัดแปรง; แก่นตะวัน; ไม้กระถาง; ความกะทัดรัด

ABSTRACT: Mechanical stimulation (MS) is one of an effective method to control the plant height by suppress their growth, increase compactness index, consistence and strengthening. This technique was clearly avoiding the use of plant growth retardant which benefit for less chemical residue in plant. The experiment was conducted to study the responses of MS by brushing (BRS) on the Jerusalem artichoke: JA (*Helianthus tuberosus* L.). MS technique was applied to JA No. 3 or CN 52867 as an edible flowering potted plant. JA seedlings which receive from incubated slice tubers were grown in plastic bag, contain mixed media and comprise with sand: coir dust: rice husk charcoal (1:1:1 Ratio). When plant reach 20 days after sowing (DAS) or shoot plant height 15 cm (6 leaves), healthy plant were selected and continued to receive the MS technique treatment. The study was conducted in completely randomized design (CRD), with 3 treatments i.e. Control (Non-MS) (T1), BRS 15 min (T2) and BRS 30 min (T3). MS systems by brushing were set with an automatic unit 1.8 m/min speed motor. The result showed that all BRS treatments (T2 and T3) gave the reduction of plant height, canopy width, leaves dry weight and plant height relative growth rate, but increase compactness of JA, when compared with the control treatment. MS technique by BRS treatment had partially potential to be develop the JA as a potted plant.

* Corresponding author: panupon@kku.ac.th

Received: date; September 10, 2020 Accepted: date; December 2, 2020 Published: date; August 5, 2021

Keyword: thigmotropism; brushing; sunchoke; containerized plant; compactness

บทนำ

แก่นตะวัน หรือ Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberous* L.) เป็นพืชล้มลุก ที่อยู่ในวงศ์เดียวกับทานตะวัน (Asteraceae) มีหัวเก็บสะสมอาหารเหมือนมันฝรั่ง (สนั่น และคณะ, 2549) แก่นตะวัน มีดอกคล้ายดอกบัวตอง ปรับตัวได้ดี มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง จึงมีชื่อเรียกว่า “แก่นตะวัน” (สนั่น และคณะ, 2549) สามารถเจริญเติบโตได้ในเขตกึ่งแห้งแล้งของประเทศไทย (Paungbut et al. 2015) แก่นตะวันเก็บสะสมคาร์โบไฮเดรตอยู่ในรูปของอินูลิน (inulin) พบมากในหัวพันธุ์ ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อ (non-communicable diseases: NCDs) ของสังคมเมือง ทั้งโรคเบาหวาน มะเร็งลำไส้ โรคหัวใจ และโรคอ้วนได้ (Baldini et al., 2004; Monti et al., 2005) เนื่องจากอินูลินจะไม่ถูกดูดซึมในระบบย่อยอาหาร และยังช่วยลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (สนั่น และคณะ, 2549)

การพัฒนาแก่นตะวันเพื่อใช้เป็นไม้ดอกกระถาง (flowering potted plant) เป็นแนวคิดในการเพิ่มมูลค่าให้กับพืช ผ่านการใช้งานของกลุ่มผู้บริโภคในสังคมเมืองใหญ่ (urbanization) (Phasri et al., 2019) ซึ่งถูกจำกัดพื้นที่การอยู่อาศัย โดยผู้บริโภคสามารถชื่นชมความงามของดอก และส่วนเหนือดิน สำหรับการประดับตกแต่ง และยังสามารถบริโภคส่วนหัวใต้ดินได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม อาจมีข้อจำกัดอยู่บ้างในการพัฒนาแก่นตะวันเป็นไม้กระถาง เนื่องจาก ในสภาพธรรมชาติแก่นตะวันแตกกิ่งก้านมาก และมีความสูงเกินมาตรฐาน หากแต่ก็ได้มีการพยายามควบคุมความสูงและทรงพุ่มของพืชชนิดนี้บ้างแล้ว (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2560) โดยการใช้สารชะลอการเจริญเติบโต (plant growth retardant: PGR) เพื่อชะลอการแบ่งเซลล์ และการยืดตัวของเซลล์บริเวณใต้ปลายยอด (พีรเดช, 2529) โดยพบการใช้งาน Paclobutrazol (PBZ), mepiquatchloride (MPC) และ Trinexapac-ethyl เพื่อกดความสูง และเพิ่มขนาดทรงพุ่มในการผลิตไม้กระถางหลายชนิด รวมทั้งในแก่นตะวันด้วย (อัญญรินทร์, 2555, อัจฉราภรณ์ และคณะ, 2562) สำหรับพืชวงศ์ใกล้เคียงกัน เช่น ทานตะวัน (*Helianthus annuus*) พบว่า การใช้สาร PBZ สามารถทำให้ต้นเตี้ยลง (วรารัตน์, 2545; อรวรรณ, 2542; Kashid, 2008) และทำให้ขนาดดอกเพิ่มขึ้นด้วย (Kashid, 2008) ทั้งนี้ ยังมีรายงานการใช้สาร PBZ แล้วเกิดการตกค้างในผลผลิตด้วยเช่นกัน ทั้งในผลมะม่วง (Neidhart et al., 2006) ในหัวมันฝรั่ง (Liu et al., 2015) และในหัวแก่นตะวัน (วรายุ, 2563) จึงยังเกิดข้อกังขาเกี่ยวกับประเด็นการใช้งานสาร PBZ ในผลผลิตที่ใช้เป็นอาหาร (วรายุ, 2563)

ปัจจุบัน ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับอาหารสุขภาพ และผลผลิตทางการเกษตรที่ปราศจากสารตกค้าง เพื่อสร้างความมั่นใจต่อผู้บริโภค จึงมีการใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean technology) เพื่อการผลิตพืช หรือการผลิตไม้ดอกกระถางอย่างยั่งยืน โดยการสัมผัสพืชด้วยวิธีกล (Mechanical stimulation: MS) เป็นวิธีการควบคุมความสูงของพืช และเพิ่มช่วยความแข็งแรงของพืชโดยไม่ต้องใช้สารเคมี ซึ่งโดยปกติพืชมักได้รับความเครียดเชิงกล (mechanical stress) ที่หลากหลายอยู่แล้วในสภาพธรรมชาติ เช่น การพัดของลมพายุ (wind) ฝนกระหน่ำ (rain) และการเคลื่อนที่ของสัตว์ (animal movement) รวมทั้งการเขตกรรม และการจัดการทางพืชสวน (agricultural and horticultural practices) ต่างๆ เช่น การตัดแต่งกิ่ง (pruning) และการเด็ดยอด (pinching) (Jouyban, 2013) จึงเกิดแนวคิดการพัฒนา นำมาปรับใช้กับการผลิตพืชโดยการปัดแปรงยอด (brushed shoot) การถูลำต้น (rubbed stem) และการเขย่ากระถาง (shaken) เพื่อลดความสูงต้น (Latimer, 1991) มีรายงานว่าการปัดแปรง (Brushing treatment: BRS) ยอดพืช ทำให้ความสูง การยืดตัวของลำต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งลดลง (Garner et al. 1997) นอกจากนี้ Baden and Latimer (1992) ยังพบว่าการสัมผัสพืชแบบ BRS ทำให้ความสูงของผักลดลง 15% ถึง 50% และเมื่อพืชถูกสัมผัส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบในการเจริญเติบโต ทำให้ปล้องสั้นลง ลำต้นหนาขึ้น การขยายของใบลดลง มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ และระดับฮอร์โมนพืช (Graham and Wheeler, 2017) และ BRS สามารถยับยั้งการยืดตัวของลำต้น และลดการบวมพองขยายขนาดของลำต้นในทานตะวันได้ (Jouyban, 2013)

นอกจากนี้ ยังพบว่า BRS สามารถลดความสูง และน้ำหนักส่วนเหนือดินของต้นละอองเงิน (Dusty miller) ต้นแอสเตอร์ และต้นพิทูเนียได้ (Autio et al., 1994) ได้ และยังช่วยเพิ่มจำนวน และความยาวกิ่งข้างของกุหลาบลูกผสม ‘Redrazz’ ได้ด้วยเช่นกัน (Morel et al., 2012) ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าว สามารถติดตั้ง และควบคุมได้โดยระบบอัตโนมัติ (automatic system) ไม่ยุ่งยาก ทำ

ให้ผลผลิตโดยรวมมีความสม่ำเสมอ และมีคุณภาพ (Latimer and Thomas, 1991) โดยการสัมผัสด้วยวิธีกลจึงเป็นอีกแนวทางที่นำมาใช้กับการผลิตไม้กระถางอย่างยั่งยืน (Autio et al., 1994)

เนื่องจากแนวคิดของการใช้งานแก่นตะวันเป็นไม้ดอกกระถางควบคู่ไปกับการบริโภคหัวใต้ดิน (edible flowering potted plant) เพื่อตอบสนองความต้องการของสังคมเมืองใหญ่ ที่มีพื้นที่อยู่อาศัยที่จำกัด จึงเป็นที่มาของแนวทางการศึกษาครั้งนี้ โดยใช้เทคนิคการกระตุ้นด้วยวิธีกล BRS ในการลดข้อจำกัดด้านความสูงต้น และเพิ่มความกะทัดรัด เพื่อผลิตแก่นตะวันเป็นไม้กระถาง และเป็นทางเลือก ในการลดการใช้สารเคมี (PGR) อันจะยังประโยชน์ด้านความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองโดยปลูกหัวแก่นตะวันพันธุ์เบอร์ 3 หรือพันธุ์ CN 52867 มีการตัดแบ่งให้มีจำนวนตา 3 ตา บ่มหัวแก่นตะวันที่ตัดแบ่งด้วยแกลบเผาในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิด บ่ม 7-10 วัน เมื่อหัวเริ่มงอกราก และแทงยอดจึงย้ายลงถาดหลุมเพาะกล้าขนาด 104 หลุม เพื่อการอนุบาลต้นกล้า หลังจากนั้น 20 วัน จึงคัดเลือกต้นกล้าที่มีใบจริง 3 คู่ใบ (6 ใบ) ต้นสูง 15 เซนติเมตร จึงย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาด 6 x 12 นิ้ว ที่บรรจุวัสดุปลูก คือ ทราย: ขุยมะพร้าว: แกลบเผา ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยวางหัวพันธุ์ลึกจากผิววัสดุปลูก ประมาณ 3 เซนติเมตร ให้น้ำทุกวันในช่วงเช้า และใส่ปุ๋ยเม็ดละลายช้าสูตร 13-13-13 อัตรา 20 กรัม ต่อกระถาง (1 ช้อนชา) เมื่อพืชอายุ 20 วัน หรือยอดยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร ทำการคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์เข้าสู่กรรมวิธี เริ่มงานทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ –เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561

วางแผนการทดลองแบบ CRD 3 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำๆละ 5 ต้นต่อกรรมวิธี (1 ต้นต่อกระถาง) ได้แก่ T1: ต้นควบคุม (ไม่มีการปัดแปรง) T2: BRS ไปกลับ 3 รอบใช้เวลา 15 นาที พัก 2 ชั่วโมง และ T3: BRS ไปกลับ 6 รอบใช้เวลา 30 นาที พัก 2 ชั่วโมง โดยใช้วิธีการปัดแปรง ต่ำลงมา 5 เซนติเมตรจากปลายยอดพืช ด้วยท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตรที่พันรอบด้วยขนแปรงจากหญ้าเทียม ขนแรงยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ตั้งค่าให้ปัดแปรงผ่าน ไป-กลับ ต่อรอบ ควบคุมการเคลื่อนที่โดยใช้การติดตั้งมอเตอร์ด้วยอัตราความเร็ว 1.8 เมตรต่อนาที หรือ 108 เมตรต่อชั่วโมง (Figure 1) หยุดการสัมผัสพืชทุก ๆ 2 ชั่วโมง ดัดแปลงวิธีการจาก Morel et al. (2012).

บันทึกข้อมูลจนครบ 9 สัปดาห์ โดยวัดความสูงต้น (เซนติเมตร) เหนือระดับพื้นดินถึงยอดพืช คำนวณอัตราการเพิ่มความสูงจากการเปลี่ยนแปลงความสูงต่อจำนวนวันที่พืชเติบโต (เซนติเมตรต่อวัน) วัดความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) คำนวณค่าดัชนีความกะทัดรัด (ตารางเซนติเมตรต่อเซนติเมตร) จากสัดส่วนค่าพื้นที่ใบรวม (ตารางเซนติเมตร) ต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) และวัดปริมาณค่าความเขียวในใบพืช ด้วย SPAD meter, Model-502 (Minolta. Co. LDT) โดยสุ่มวัด 5 ใบต่อต้น (ใบบน ใบกลาง และใบล่าง) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม Statistix 8.0

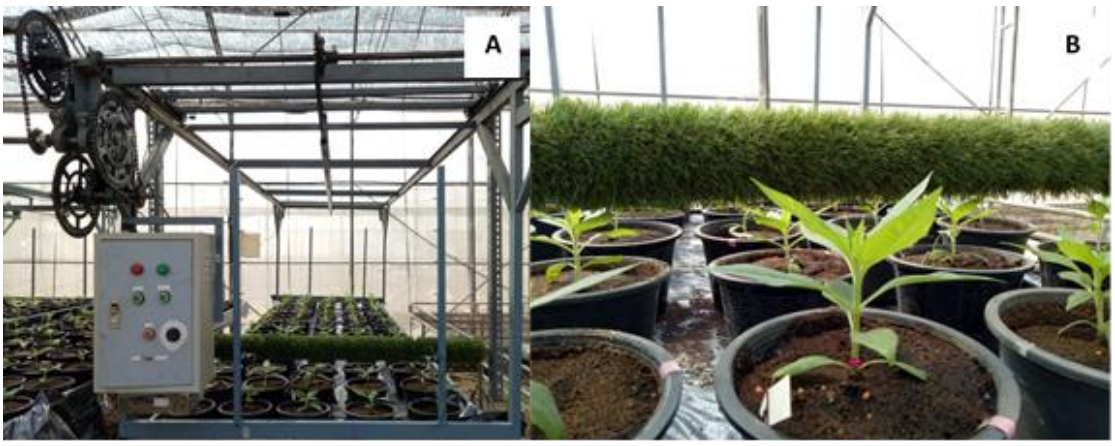


Figure 1 Mechanical stimulation by brushing treatments were set by an automatic movement unit 1.8 m min^{-1} speed motor (A) and shoot plant character when receive brushing (B)

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น

ความสูงต้น พบว่า กรรมวิธี BRS ทั้ง 2 แบบ ส่งผลทำให้พืชมีความสูงลดลง 42.3-52.2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยกรรมวิธีการปัดแปรง 30 นาที (T3) ช่วยลดความสูงของแก่นตะวันได้ดีที่สุด ตลอดการเจริญเติบโต (**Figure 2 A**)

อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate; RGR) เมื่อแก่นตะวันได้รับกรรมวิธี BRS ทั้ง 2 กรรมวิธี ส่งผลให้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตในการเพิ่มความสูงต้นลดลง ในสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 8 และการปัดแปรง 30 นาที (T3) ส่งผลให้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตในการเพิ่มความสูงของต้นน้อยที่สุด ในสัปดาห์ที่ 7 (**Figure 2B**)

ความกว้างทรงพุ่ม แก่นตะวันที่ได้รับกรรมวิธี BRS ทั้ง 2 กรรมวิธี มีความกว้างทรงพุ่มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และส่งผลให้พืชมีความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุด ในสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 8 (T2 และ T3) และการปัดแปรง 30 นาที (T3) ส่งผลทำให้พืชมีความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุด ในสัปดาห์ที่ 9 (**Figure 2C**)

ค่าความเขียวใบ (SPAD unit) แก่นตะวันที่ได้รับกรรมวิธี BRS ทั้ง 2 กรรมวิธี ทำให้พืชมีค่าความเขียวใบลดลง ในสัปดาห์ที่ 7 และสัปดาห์ที่ 9 เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยกรรมวิธีการปัดแปรง ทั้ง 2 กรรมวิธี ส่งผลให้พืชมีค่าความเขียวใบน้อยที่สุด (T2 และ T3) (**Figure 2D**)

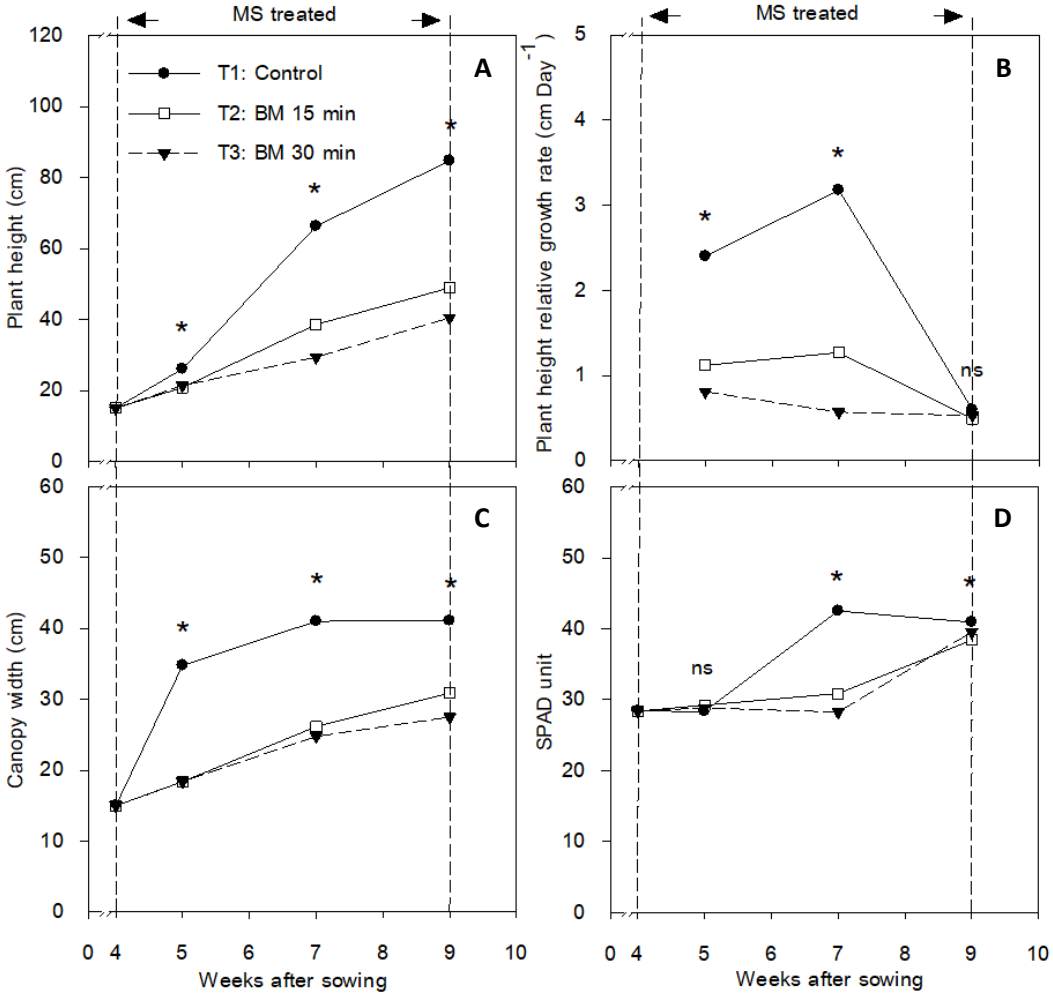


Figure 2 Plant height (A), plant height relative growth rate (B), canopy width (C) and SPAD unit (D) of Jerusalem artichoke when brushed at a different frequency as a treatment, T1: Control (Non-BRS), T2: BRS 15 min and T3: BRS 30 min, * significant at 0.05 probability level, ns = not significant

พื้นที่ใบรวม และค่าดัชนีความกะทัดรัด แก่นตะวันที่ได้รับกรรมวิธี BRS ทุกวิธีไม่ส่งผลทำให้พืชมีพื้นที่ใบรวมแตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าดัชนีความกะทัดรัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย พบว่า การปัดแปรงทั้ง 2 กรรมวิธี ส่งผลทำให้แก่นตะวันมีค่าดัชนีความกะทัดรัดที่คำนวณได้จากสัดส่วนของพื้นที่ใบรวม (ตารางเซนติเมตร) และความสูงต้น (เซนติเมตร) เพิ่มมากขึ้น (**Table 1**)

Table 1 Total leaf area and compactness index of Jerusalem artichoke when brushed at 4 to 9 week after sowing

Treatment	Total leaf area (cm^2)	Compactness index (cm^2/cm)
T1: Control (Non-BRS)	629.40	7.50 b
T2: BRS 15 min	582.80	11.88 a
T3: BRS 30 min	532.00	13.25 a
CV (%)	18.94	21.64
$LSD_{0.05}$	ns	*

ns = not significant * = means with different superscripts differ significantly (P<0.05)

น้ำหนักแห้ง แก่นตะวันที่ได้รับกรรมวิธี BRS ทั้ง 2 กรรมวิธี (T2 และ T3) ลดค่าน้ำหนักแห้งของใบพืช แต่กลับมีมีน้ำหนักแห้งของลำต้น และรากเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ ไม่มีผลกับน้ำหนักแห้งของหัวพันธุ์ และน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น (**Table 2**)

Table 2 Dry weight in different parts (Leaves, stem, roots and tubers) of Jerusalem artichoke when brushed at 4 to 9 week after sowing

Treatment	Dry weight (g)				
	Leaves	Stem	Roots	Tubers	Whole plant
T1: Control (Non-BRS)	3.79 a	1.91 b	0.93 b	0.30	6.92
T2: BRS 15 min	2.98 b	2.57 a	1.88 a	0.27	7.71
T3: BRS 30 min	2.58 b	2.25 ab	1.65 a	0.31	6.79
CV (%)	14.07	19.62	15.91	17.01	15.43
$LSD_{0.05}$	*	*	*	ns	ns

ns = not significant * = means with different superscripts differ significantly (P<0.05)

การสัมผัสพืชด้วยวิธีกลโดยกรรมวิธี BRS (T2 และ T3) สามารถลดการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน ในด้านความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ด้านความสูง และน้ำหนักแห้งใบ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ (กรรมวิธีควบคุม) (**Figure 6**)

Figure 6 Plant characters on vegetative stages (7 week after sowing: WAS) of Jerusalem artichoke when brushed at a different frequency as a treatment, T1: Control (Non-BRS), T2: BRS 15 min and T3: BRS 30 min, (3 week after treatment)

วิจารณ์ผลการทดลอง

เทคนิคการสัมผัสพืชโดยวิธีการปัดแปรง (Brushing treatment: BRS) นิยมใช้เฉพาะกับต้นกล้า (seedling) หรือพืชที่มีอายุน้อย (young plant) เช่นต้นกล้าพริกหยวก (Graham and Wheeler, 2017) มะเขือเทศ (Li and Gong, 2011) หรือกะหล่ำดอก (Pontinen and Voipio, 1992) และพืชที่มีเนื้อไม้ (woody plant) เช่น กุหลาบ (Morel et al., 2012) หากเมื่อนำมาใช้กับแก่นตะวัน พบว่า สามารถช่วยลดความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่ม แต่กลับมีผล เพิ่มค่าความกะทัดรัด (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ BRS ทำให้พืชเกิดความเครียด จนมีผลลดการสังเคราะห์ออกซิน (auxin) และจิบเบอร์เรลลิน (Gibberellin: GA) การยืดยาวของข้อปล้องจึงลดลงด้วย (Börnke and Rocksch, 2018) นอกจากนี้ มีรายงานว่า BRS ยังสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์กรดแอบไซซิค (Abscisic acid: ABA) เพิ่มขึ้น (Herde et al., 1999) ที่อาจยับยั้งการยืดยาวของข้อปล้องได้ด้วยเช่นกัน โดยพบผลการลดการยืดยาวของลำต้นได้ใน มะเขือเทศ (Whipker, 2012), ทานตะวัน (*Helianthus annuus*) และต้นพิทูเนีย (*Petunia*) (Börnke and Rocksch, 2018) การยืดยาวของลำต้นที่ลดลงเป็นเหตุให้ อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ด้านความสูง (Relative Growth Rate; RGR) ของแก่นตะวันลดลงด้วยเช่นกัน

การสัมผัสพืชด้วย BRS ทั้ง 2 กรรมวิธี (T2 และ T3) ทำให้ค่าความกะทัดรัด (compactness index) ของแก่นตะวันเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากค่าความกะทัดรัด (compactness) เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใบรวมต่อความสูงต้น (ตารางเซนติเมตรต่อเซนติเมตร) และใช้บ่งบอกถึงคุณลักษณะที่เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นไม้กระถาง ซึ่งควรมีขนาดทรงพุ่มรับกับขนาดของภาชนะปลูก Nelson (1998) ได้นิยามลักษณะของไม้กระถางที่ดีไว้ว่า ควรมีความสูงต้นของพืชปลูกเป็น 1.5 ถึง 2.0 เท่าของความสูงภาชนะปลูก และมีทรงพุ่มกะทัดรัด การควบคุมความสูงต้นให้เหมาะสมกับกระถางเป็นการจัดการเพิ่มคุณลักษณะ และคุณภาพของไม้กระถาง ให้เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค และความต้องการของตลาดได้ โดยพบรายงานว่า การโบกผ่านต้นกุหลาบ (*Rosa hybrida* cv. ‘Redrazz’) ด้วยท่อ PVC ช่วยลดขนาดทรงพุ่มให้เล็กลง แต่ไปเพิ่มค่าความกะทัดรัดในต้นกุหลาบได้ (Morel et al., 2012)

การให้พืชได้รับกรรมวิธี BRS ยังส่งผลทำให้ค่าความเขียวใบ (SPAD unit) ของแก่นตะวันลดลง ซึ่งค่าความเขียวใบมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืช (สุภาณี และสายัณห์, 2545) จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าพืชมีการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ที่ลดลง เพราะปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลงอาจมีผลทำให้แก่นตะวันมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงด้วย

การสัมผัสด้วยวิธีกล กรรมวิธี BRS มีผลทำให้แก่นตะวันมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง อาจเป็นเพราะพืชได้รับสภาพเครียดจึงตอบสนองโดยการหรี่ หรือปิดปากใบ ซึ่งเป็นช่องเปิดที่ใช้ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งกลไกการเปิด-ปิดปากใบเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปากใบจะมีการเปิดอย่างรวดเร็วเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสง และปิดอย่างรวดเร็วเมื่อเผชิญสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Elliot-Kingston et al., 2016) โดยปกติปากใบพืชจะหรี่ หรือปิดเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ทำให้ CO_2 ผ่านเข้าไปในใบได้น้อย ส่งผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงด้วย (พัชริยา, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Marler and Zozor (1992) พบว่า การเขย่าต้นมะเฟือง (Carabola) ส่งผลทำให้ค่าการชักนำของปากใบ ลดลง นอกจากนี้การศึกษาของ Vernieri et al. (2003) พบว่า การปัดแปรง (brushing) และการเขย่า (shaking) ต้นซัลเวีย (*Salvia splendens* ex schult) เป็นเวลา 35 วัน พบว่า ในวันที่ 46 ค่าการชักนำของปากใบลดลง ซึ่งการลดลงของค่าการชักนำของปากใบน่าจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์แสงที่ลดลงด้วย

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ กรรมวิธี BRS ส่งผลทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักแห้งของใบลดลงสอดคล้องกับพื้นที่ใบที่ลดลงเช่นกัน แต่กลับ พบว่า ทำให้น้ำหนักแห้งของลำต้น และรากกลับเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากกลไกของการเคลื่อนย้ายสารอาหารแบบแก่งแย่ง (competition) ระหว่างส่วนปลายยอดพืช และโคนต้น ตลอดจนส่วนใต้ดิน (ราก) เมื่อพืชได้รับการรบกวน หรือ จำกัดการเติบโตจากส่วนเหนือดิน (**Table 2**) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Adler and Wilcox (1987) ที่รายงานการถูปล้องของต้นกล้ามะเขือเทศมีผลทำให้อัตราส่วนระหว่างยอดและราก (Shoot: Root DW ratio) ลดลง อีกทั้งวิธีการกรรมวิธี BRS ยังส่งผลทำให้มะเขือเทศ มีน้ำหนักแห้งใบลดลงถึง 34 เปอร์เซ็นต์ (Keller and Steffen, 1995) และต้นแพนซี (*Viola tricolor* L.) มีน้ำหนักแห้งของใบลดลงได้อีกด้วย (Garner and Langton, 1997) กรรมวิธี BRS อาจจะส่งผลทำให้พืชเกิดการสูญเสียความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าต้นปกติ จึงทำให้อัตราการสังเคราะห์แสง และอัตราการหายใจของพืชลดลงหลังจากถูกกระตุ้น และเป็นผลทำให้น้ำหนักแห้งของพืชลดลงในที่สุด (Vernieri et al., 2003)

สรุป

เทคนิคการสัมผัสด้วยวิธีกลแบบ BRS สามารถควบคุมความสูงของแก่นตะวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าอาจมีค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้งระบบ แต่คุ้มค่าในระยะยาว ลดการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต (PGRs) ซึ่งอาจมีสารพิษตกค้างในผลผลิต และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ผลผลิตมีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น จึงสามารถใช้เป็นทางเลือกหนึ่ง ในการควบคุมการเจริญเติบโตพืชในระบบอุตสาหกรรมได้ และเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต และประหยัดพลังงานไฟฟ้า จึงแนะนำให้ใช้กรรมวิธี BRS 15 นาที หยุด 2 ชั่วโมง ผลิตแก่นตะวันเป็นไม้กระถาง

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยภายใต้แผนงานเสริมสร้างศักยภาพ และพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัย และนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562 รหัสทุน 8/2562 (KKU-NRCT)

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ บุราณรมย์ สุมนา นีระ สนั่น จอกลอย และภาณุพล หงษ์ภักดี. 2560. การตอบสนองต่อสารพาโคลบิวทราโซลของแก่นตะวันเพื่อการผลิตเป็น ไม้กระถาง. แก่นเกษตร. 45: 361-367.

พัชรียา บุญกอแก้ว. 2541. ผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการกระจายของแสง และการคาดคะเนค่าอัตราการสังเคราะห์แสงของทรงพุ่มมะม่วงสองพันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ. 2529. ฮอร์โมนพืชและการสังเคราะห์: แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. วันชัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

วรายุ ภาษี. 2563. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตปริมาณสารอินูลิน และการตกค้างในผลผลิตหัวแก่นตะวันที่ผลิตเป็นไม้กระถางพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

วรารัตน์ ลีวรางกุล. 2545. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของต้นทานตะวันพันธุ์ Valentine ในการผลิตเป็นไม้กระถาง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สนั่น จอกลอย รัขนี พุทธา รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตุลา และถวัลย์ เกษมาลา. 2549. อิทธิพลของการใช้ส่วนขยายพันธุ์ต่อการงอกการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.). แก่นเกษตร. 34: 151-156.

สนั่น จอกลอย รัขนี พุทธา รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตุลา และถวัลย์ เกษมาลา. 2549. อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.). แก่นเกษตร. 34: 164-170.

สนั่น จอกลอย รัชนก มีแก้ว และถวัลย์ เกษมาลา. 2549. ค่าความหวานในส่วนต่างๆของหัวแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) แก่นเกษตร. 32: 190-194.

สุภาณี ชนะวีรวรรณ และ สายันห์ สดุดี. 2545. การใช้เครื่องมือ SPAD-502 เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์รวม และไนโตรเจนในใบของลองกองและเงาะ. สงขลานครินทร์ วทท. 24: 9-14.

อรวรรณ คำดี. 2542. ผลของสาร Trinexapac-ethyl ต่อการเจริญเติบโตของทานตะวันพันธุ์ Pacino ที่ปลูกในกระถางขนาด 4 นิ้ว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัจฉราภรณ์ แสนทองคำ สุมนา นีระ สนั่น จอกลอย และภาณุพล หงษ์ภักดี. 2562. ผลของสารพาโคลบิวทราโซล และเมพิควอทคลอไรด์เพื่อควบคุมการเจริญเติบโต และการออกดอกของแก่นตะวันกระถาง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 37: 200-211.

อัญรินทร์ กลิ่นหอม. 2555. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน. โครงงานนักศึกษาด้านพืชสวน สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์ และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Adler, P. R., and G. E. Wilcox 1987. Influence of thigmic stress or chlormequat chloride on tomato morphology and elemental uptake. Journal of Plant Nutrition. 10: 831–840.

Autio, J., I. Voipio and T. Koivunen. 1994. Responses of aster, dusty miller, and petunia seedlings to daily exposure to mechanical stress. Horticultural Science. 29: 1449-1452.

Baden, S. A. and J. G. Latmer. 1992. An effective system for brushing vegetable transplants for height control. Hort Technology. 2: 412-414.

Baldini, M., F. Danuso, M. Turi, and G. P. Vannozzi. 2004. Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. Industrial Crops and Products. 19: 25-40.

Börnke, F. and T. Rocksch. 2018. Thigmomorphogenesis – Control of plant growth by mechanical stimulation. Scientia Horticulturae. 234: 344–353.

Elliot-Kingston, C., M. Haworth, J. M. Yearsley, S. P. Batke, T. Lawson, and J. C. McElwain. 2016. Does size matter atmospheric CO_2 may be a stronger driver of stomatal closing rate than stomatal size in taxa that diversified under low CO_2 caroline. Frontiers in Plant Science. 7: 1-12.

Garner, L. C., and F. A. Langton. 1997. Brushing pansy (*Viola tricolor* L.) transplants: A flexible, effective method for controlling plant size. Scientia Horticulturae. 70: 187–195.

Garner, L., F. A. Langton and T. Björkman. 1997. Commercial adaptations of mechanical stimulation for the control of transplant growth. Acta Horticulturae. 435: 219–230.

Graham, T. and R. Wheeler. 2017. Mechanical stimulation modifies canopy architecture and improves volume utilization efficiency in bell pepper: Implications for bioregenerative life support and vertical farming. Open Agriculture. 2: 42–51.

Herde, O., P. H. Cortés, H. Fuss, L. Willmitzer, and J. Fisahn. 1999. Effects of mechanical wounding, current application and heat treatment on chlorophyll fluorescence and pigment composition in tomato plants. Physiologia Plantarum. 105: 179-184.

Jouyban, Z. 2013. plant response to mechanical stress. International Journal of Farming and Allied Sciences. 2: 378-382.

Kashid, A.D. 2008. Effect of growth retardants on growth, physiology and yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). MS. Thesis, University of Agricultural Science, Dharwad.

Keller, E., and K. L. Steffen. 1995. Increased chilling tolerance and altered carbon metabolism in tomato leaves following application of mechanical stress. Physiologia Plantarum. 93: 519–525.

Latimer, J.G. 1991. Mechanical Conditioning for Control of Growth and Quality of Vegetable Transplants. Horticultural Science. 26: 1456-1461.

Latimer. J.G., and P.A. Thomas. 1991. Application of brushing for growth control of tomato transplants in a commercial setting. HortTechnology. 1: 109-110.

Li, Z.G., and M. Gong. 2011. Mechanical stimulation-induced cross-adaptation in plants: an overview. Journal of Plant Biology. 54: 358-364.

Liu, H., T. Lin, J. Mao, H. Lu, D. Yang, J. Wang, and Q. Li. 2015. Paclobutrazol residue determination in potato and soil using low temperature partition extraction and ultrahigh performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. Journal of Analytical Methods in Chemistry. 1: 1-6.

Marler, T. E., and Y. Zozor. 1992. Carambola growth and leaf gas exchange responses to seismic or wind stress. Horticultural Science. 27: 913-915.

Monti, A., I. M. T. Amaducc, and G. Venturi. 2005. Growth response, leaf gas exchange and fructans accumulation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as affected by different water regimes. European Journal of Agronomy. 23: 136-145.

Morel, P., L. Crespel, G. Galopin, and B. Moulia. 2012. Effect of mechanical stimulation on growth and branching of garden rose. Scientia Horticulturae. 135: 59-64.

Neidhart, S., A. Jaradrattanapaiboon, K. Reintjes, B. Jöns, M. Leitenberger, J. Ingwersen, G. Kahl, P. Sruamsiri, T. Streck, and R. Carle. 2006. Which risks do result from the application of paclobutrazol in off-season mango production regarding residues in fruit and soil First results of a long-term field study in Northern Thailand. In proceedings of the international symposium towards sustainable livelihoods and ecosystems in mountainous regions conference 7-9 March 2006. Chiang Mai, Thailand.

Nelson P.V. 1998. Chemical Growth Regulation. Greenhouse Operation and Management. Prentice Hall, Upper Saddle River, NewJersy.

Phasri, W., S. Neera, S. Jogloy, and P. Hongpakdee. 2019. Effect of paclobutrazol application on growth, flowering and inulin content of ornamental *Helianthus tuberosus* L. Acta Horticulturae. 1237: 161-168.

Pontinen, V., and I. Voipio. 1992. Different methids of mechanical stress in controlling the growth of lettuce and cauliflower seedlings. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science. 42: 246-250.

Puangbut, D., S. Jogloy, N. Vorasoot, S. Srijaranai, C. C. Holbrook, and A. Patanothai. 2015. Variation of inulin content, inulin yield and water use efficiency for inulin yield in Jerusalem artichoke genotypes under different water regimes. Agricultural Water Management. 152: 142-150.

Vernieri, P., S. Mugnai, and F. Tognoni. 2003. Growth control by mechanical Conditioning in *Salvia splendens sellow ex schult*. Acta Horticulturae. 614: 307–312.

Whipker, B. 2012. Non-chemical control of plant growth. Electronic Grower Resources Online (e-GRO) (Online). Available. http://www.e-gro.org/pdf/208.pdf. Accessed March 13, 2017.