วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 200 - 211

ผลของสารพาโคลบิวทราโซลและเมพิควอทคลอไรด์ เพื่อควบคุมการเจริญเติบโต และการออกดอกของแก่นตะวันกระถาง

Effects of PBZ and MPC for Control of Growth and Flowering of Potted Jerusalem Artichoke(*Helianthus tuberosus* L.)

อัจฉราภรณ์ แสนทองคำ[1] สุมนา นีระ[1] สนั่น จอกลอย[2] และภาณุพล หงษ์ภักดี [1*]
Atcharaphorn Saenthongkham,[1] Sumana Neera,[1] Sanan Jogloy[1] and Panupon Hongpakdee[1*]

บทคัดย่อ

แก่นตะวัน มีศักยภาพที่พัฒนาเป็นไม้ดอกกระถางได้ เมื่อได้รับการควบคุมความสูงต้นและทรงพุ่ม โดยวิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการควบคุมขนาดไม้กระถาง คือ การใช้กลุ่มสารชะลอการเจริญเติบโต การศึกษาชนิดสาร ความเข้มข้น และวิธีการให้สาร เพื่อผลิตไม้กระถาง ดำเนินการ 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ให้สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol: PBZ) ปัจจัย A คือ วิธีการให้สาร 3 วิธี ราดลงวัสดุปลูก (media drenching) พ่นทางใบ (foliar spraying) และแช่หัวพันธุ์ก่อนปลูก (tuber soaking) ปัจจัย B คือ ความเข้มข้น 4 ระดับ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการทดลองที่ 2 การใช้สารเมพิควอทคลอไรด์ (mepiquatchloride: MPC) ปัจจัย A คือ วิธีการให้สาร (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) และปัจจัย B คือความเข้มข้นสาร 4 ระดับ 0, 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งสองการทดลองวางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (factorial in CRD; 3 x 4) เริ่มให้สารในสัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายปลูก จำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 50 มิลลิลิตร โดยไม่มีการเด็ดยอด ผลการทดลอง พบว่าการให้สาร PBZ ทั้งวิธีราดและพ่น ที่ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดความสูงต้น เพิ่มพื้นที่ใบรวม และเพิ่มค่า compactness index ได้ แต่วิธีการแช่หัวพันธุ์ในสาร PBZ กลับไม่ทำให้พืชออกดอก สำหรับการให้สาร MPC ที่ระดับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีความสูงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ ส่วนวิธีการให้สาร ทั้งราดและแช่ ลดความสูงต้นได้ดีกว่าการพ่น นอกจากนี้อิทธิพลร่วมระหว่าง วิธีการแช่และความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลได้ดีที่สุดในการลดความสูงต้น จากผลการทดลองนี้การใช้สารชะลอการเจริญเติบโต ทำได้เพียงลดความสูงต้น แต่ไม่ส่งเสริมการออกดอกของแก่นตะวัน เทคนิคดังกล่าวจึงยังไม่สามารถใช้เพื่อการผลิตแก่นตะวันเป็นไม้กระถางได้

คำสำคัญ: สารพาโคลบิวทราโซล เมพิควอทคลอไรด์ แก่นตะวัน ไม้กระถาง พืชต้นเตี้ย

Abstract

Jerusalem artichoke has potential to develop as flowering potted plants, since it was controlled their height and canopy. The most commonly used to control plant size in potted plant was plant growth retardant application. The study of its suitable concentration and application method for creating the potted plant was conducted in two experiments. The first experiment was done by paclobutrazol (PBZ) application, comprise with factor A (application methods): 1) media drenching, 2) foliar spraying and 3) tuber soaking, while factor B were 4 levels of PBZ concentrations (0, 50, 100 and 200 mg/L). The second experiment was conducted by mepiquatchloride (MPC) application, with factor A (application method) which similar to experiment 1 and Factor B were 4 levels of MPC concentrations (0, 250, 500 and

[1]สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
[2]สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
*Corresponding author, Email: panupon@kku.ac.th

1,000 mg/L). Both experiments were conducted in 3x4 factorial in CRD, which start the application of 50 mL of PGRs 5 times at 4 weeks after transplanting without pinching. The results showed that both mediadrenching and foliar spraying with 100 and 200 mg/L of PBZ application significantly reduced the plant height, increased total leaf area and compactness index, but tuber normal plant, while both media drenching and tuber soaking methods could decrease plant height better than spraying. Never the less, it was found some interaction between MPC application and its concentration by MPC soaking with 1,000 mg/L gave the best result for suppress plant height, In this study, plant growth retardant application could reduce only plant height, but did not promote flowering. This technique still not be used for potted Jerusalem artichoke production produced potted plant

Keywords: Paclobutrazol, mepiquatchloride, Jerusalem artichoke, sunchoke, potted plant, shorted plant

คำนำ

แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารและโภชนาการ เนื่องจากอุดมไปด้วยสาร อินูลิน (inulin) ช่วยลดความเสี่ยงของโรคเบาหวาน มะเร็งลำไส้ โรคหัวใจ และโรคอ้วนได้ (Baldini *et al*., 2004; Monti *et al*., 2005, สนั่น จอกลอย และคณะ, 2549) หลากหลายงานวิจัยจึงมุ่งประเด็น และให้ความสำคัญกับแก่นตะวันในฐานะพืชอาหาร (functional food) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปัจจุบันมีการพัฒนาสภาพสังคมไปสู่ความเป็นเมืองใหญ่ (urbanization) ทำให้ประชากรส่วนมากดำเนินชีวิตในสังคมเมือง เกิดความแออัดและแย่งใช้ทรัพยากรที่พักอาศัยจึงมีพื้นที่ใช้สอยน้อย ถูกจำกัดการเข้าถึงธรรมชาติ ตลอดจนต้นไม้ ใบหญ้าต่าง ๆ ที่ทำให้รู้สึกผ่อนคลายผู้คนโดยมากจึงโหยหาธรรมชาติ และพยายามจะดึงเอาธรรมชาติ และการสร้างพื้นที่สีเขียว (green area) มาไว้ใกล้ตัว การจัดสวนขนาดเล็ก ตลอดจนการนำเอาพรรณไม้ ไม้ดอก ไม้ประดับที่ปลูกใส่กระถาง มาวางประดับตกแต่งบริเวณบ้าน จึงได้รับความนิยมเสมอมา แนวคิดการนำพืชอาหาร เช่น แก่นตะวัน มาพัฒนาเป็นไม้ดอกพร้อมบริโภค (edible flowering potted plant) จึงเกิดขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ชื่นชมความงามของดอกและต้น และในขณะเดียวกันเมื่อพืชเริ่มพักตัว ก็สามารถรับประทานส่วนหัวที่อยู่ใต้ดินได้ เนื่องจากแก่นตะวันมีดอกสวยงาม ดอกมีสีเหลืองสด และทยอยบานได้นานถึง 2 เดือนได้ หากปลูกบริเวณกว้าง ดอกสวยงามคล้ายทุ่งบัวตอง จึงมีศักยภาพในการพัฒนามาเป็นไม้ดอกกระถาง แต่ในสภาพธรรมชาติ แก่นตะวันมีลำต้นสูง และจะให้ปริมาณดอกน้อย หรือไม่ออกดอก เมื่อได้รับสภาพอุณหภูมิต่ำ (Denoroy, 1996) ทรงพุ่มสูงไม่กะทัดรัด อีกทั้งหัวพันธุ์มีการพักตัว (Sterett, 1985) ทำให้ไม่สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะช่วงฤดูหนาว ที่ตลาดมีความต้องการใช้งานไม้ดอกปริมาณมาก

การพยายามใช้สารชะลอการเจริญเติบโตพืช (plant growth retardants) ในกลุ่มสาร triazole เช่น cycocel, maleic hydrazide, phosfon, chlormequat chloride, SADH, ancymidal, paclobutrazol, uniconazol และ mepiquate chloride เพื่อขัดขวางการสังเคราะห์ฮอร์โมนในกลุ่มจิบเบอเรลลิน ชะลอการแบ่งตัวในเซลล์และการยืดตัวของเซลล์บริเวณใต้ปลายยอด (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) มีผลทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้น กิ่งก้าน ข้อปล้องลดลง พืชออกดอกมากขึ้น โดยไม่เกิดการตกค้างในผลผลิตและสภาพแวดล้อม (Sterett, 1985) พืชจึงมีทรงพุ่มกะทัดรัดและเป็นที่นิยมสำหรับการผลิตไม้ดอกกระถางมาอย่างยาวนาน สำหรับต้นทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) และแก่นตะวัน (*H. tuberosus* L.) พบรายงานการใช้สารในกลุ่มดังกล่าวบ้างแล้ว (จิตจำนง ทุมแสน และคณะ, 2553; อัญริน, 2556; กิตติศักดิ์ บุราณรมย์ และคณะ, 2560; Koutrobus *et al*., 2004) เพื่อหวังผลในการควบคุมความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ตลอดจนการกระตุ้นการออกดอก เช่นเดียวกับไม้ดอกกระถางอื่นๆ เช่น กล้วยไม้หวาย (จิตราพรรณ พิลึก, 2536) ชวนชวม (ใจศิลป์ ก้อนใจ, 2542; นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย, 2557)

ปทุมมา (จารุณี จูงกลาง และคณะ, 2550) ดาวเรือง (ชุมพล ปิยานนท์พงศ์, 2529; ภาณุพล หงษ์ภักดี และ ปวีณา สนทา, 2557) บานชื่นหนู (จิรดา รามนู, 2540) และมะลิ (เพียงพิมพ์ พิสมัย, 2540)

สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol: PBZ) มีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชในกลุ่มจิบเบอเรลลิน (gibberellins: GAs) บริเวณเนื้อเยื่อเจริญใต้ปลายยอด (subapical meristem) โดยการขัดขวาง oxidation ของ *ent*-kaurenal ไม่ให้เปลี่ยนเป็น *ent*- kaurenoic acid อันเป็นสารที่จะเปลี่ยนไปเป็น GAs ชนิดต่าง ๆ ต่อไปในพืช (Dalziel and Lawrence, 1984) มีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์ และการยืดยาวของเซลล์ (Cumming *et al*., 2002) PBZ สามารถเคลื่อนย้ายได้ดีผ่านท่อลำเลียงน้ำ (xylem) แต่ไม่เคลื่อนที่ทางท่ออาหาร (phloem) จึงใช้ได้ทั้งวิธีพ่นทางใบ (spraying) และราดสารลงดิน (drenching) แต่การราดสารลงดินทำให้สารมีประสิทธิภาพการออกฤทธิ์มากกว่า เพราะสารถูกดูดซึมผ่านรากได้ดีกว่าการให้สารทางใบ (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) ส่วนสารเมพิควอทคลอไรด์ (mepiquatchloride: MPC) ยับยั้งการสังเคราะห์ GAs ในพืช คล้ายกับ PBZ แต่แตกต่างกันในขั้นตอนการยับยั้งจากการเปลี่ยน geranylgeranyl pyrophosphate (GGPP) ไปเป็น *ent*-kaurene โดยไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ copalyl diphosphate synthase และ *ent*- kaurene synthase (Lalit, 2002) ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในการยับยั้งการสร้าง GAs สารชนิดนี้ช่วยลดความยาวของปล้อง ความยาวใบที่ลดลง ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบที่เพิ่มขึ้นด้วย (นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย, 2557)

จิตจำนง ทุมแสน และคณะ (2553) ทดลองใช้ PBZ กับแก่นตะวัน (เบอร์ 1) ที่ 50 วันหลังย้ายปลูก พบว่าความสูงต้นลดลงตามความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น ส่วนอัญรินทร์ หอมกลิ่น (2556) พบว่า การราดสาร PBZ กับแก่นตะวัน (เบอร์ 2) ไม่ทำให้ความสูงต้นแตกต่างกันทุกระยะ ส่วนกิตติศักดิ์ บุราณรมย์ และคณะ (2560) รายงานว่า การแช่หัวพันธุ์แก่นตะวัน (เบอร์ 2) ในสาร PBZ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 1-3 ชั่วโมงก่อนปลูก ทำให้ต้นแก่นตะวันมีความสูงน้อยสุด และความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับต้นปกติ นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้สาร PBZ และ MPC ในต้นทานตะวัน ซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกับแก่นตะวัน ในส่วนของ Koutrobus *et al*. (2004) ได้ทดลองให้ PBZ กับทานตะวันสายพันธุ์ที่ไม่ให้น้ำมันจากเมล็ด (non-oilseed sunflower) ปลูกลงแปลง พบว่าการให้ PBZ ที่ระดับ 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ MPC ที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถช่วยลดความสูงของต้นทานตะวันได้ดีกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่น นอกจากนี้ การให้สาร PBZ กับต้นทานตะวันสายพันธุ์ ‘Teddy Bear’ เพื่อผลิตเป็นไม้กระถาง สามารถช่วยลดความสูงต้น (วรารัตน์ ลีวรางกุล 2545; Kashid, 2008) และทำให้ขนาดดอกเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้น งานทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์การศึกษา วิธีการให้ และระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล และสารเมพิควอทคลอไรด์ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของแก่นตะวันสำหรับการผลิตเป็นไม้ดอกกระถางพร้อมบริโภค

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองระหว่างเดือน กรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 (ช่วงปลายฤดูฝน) ปลูกแก่นตะวันเบอร์ 3 (CN 52867) โดยเตรียมหัวพันธุ์ ผ่าแบ่งให้เหลือ 2 ตา หลังจากนั้นบ่มหัวพันธุ์ในกล่องพลาสติกที่รองและกลบด้วยแกลบดำ เมื่อแตกยอด จึงย้ายลงถาดหลุม และเมื่อมีใบจริง 2- 3 คู่ใบ ย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว ที่มีวัสดุปลูก ทราย: ขุยมะพร้าว: แกลบดิบ: แกลบดำ อัตราส่วน 1:1:1:1 โดยวางหัวพันธุ์ลึกจากผิววัสดุปลูก ประมาณ 3 เซนติเมตร วางกระถางปลูกไว้ในโรงเรือนเปิด ให้น้ำทางผิวดินทุกวันในช่วงตอนเช้า มีการให้ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15 อัตรา 2.5 กรัม ต่อต้นทุกสัปดาห์ ต่อเนื่องเป็นระยะ 6 สัปดาห์

การทดลองที่ 1 การใช้สารพาโคลบิวทราโซล มีปัจจัย A เป็นวิธีการให้สาร 3 แบบ คือ 1) วิธีการราดลงวัสดุปลูก (drenching) เมื่อพืช อายุ 4 สัปดาห์ 2) วิธีการพ่นทางใบ (spraying) เมื่อพืชอายุ 4 สัปดาห์ 3) วิธีการแช่หัวพันธุ์ (soaking) นาน 1 ชั่วโมงก่อนปลูก ปัจจัย B เป็นความเข้มข้นของ PBZ 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร วางแผนการทดลองแบบ 3 x 4 factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น

การทดลองที่ 2 การใช้สารเมพิควอทคลอไรด์ มีปัจจัย A เป็นวิธีการให้สาร 3 แบบ เช่นเดียวกับ PBZ ส่วนปัจจัย B เป็นความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0, 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งสองการทดลองจะไม่มีการเด็ดยอดพืช (pinching) โดยให้สารครั้งละ 50 มิลลิลิตร ทุก ๆ สัปดาห์ จำนวน 5 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบ 3 x 4 factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ การเจริญเติบโตของพืช (ความสูงต้น พื้นที่ใบรวม ดัชนีความกะทัดรัด (Compactness index; Leaf area /Height) และร้อยละการออกดอก โดยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Statistix 10.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant difference (LSD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การใช้สารพาโคลบิวทราโซล

ความสูงต้น

การทดลองที่ 1 พบว่า ปัจจัยของวิธีการให้สาร PBZ ทั้ง 3 วิธี ทำให้ต้นแก่นตะวันมีความสูงความแตกต่างกันที่ โดยวิธีการแช่หัวพันธุ์ให้ผลในการลดความสูงต้นได้น้อยที่สุด (Table 1) เช่นเดียวกับปัจจัยความเข้มข้นของ PBZ ส่งผลให้ความสูงต้นแตกต่างกัน โดยเมื่อความเข้มข้นของสาร PBZ เพิ่มขึ้น ทำให้ความสูงของต้นพืชลดลงด้วย (Table 1) และพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้สารและความเข้มข้น โดยวิธีการให้สาร PBZ แบบราดลงวัสดุปลูกที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้อง Koutrobus *et al*. (2004) ที่ให้สาร PBZ กับทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) ด้วยความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะออกดอก ทำให้ทานตะวันมีความสูงต้นลดลงด้วย เมื่อพิจารณาภาพตัดตามยาวเนื้อเยื่อพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า การให้สาร PBZ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร กับต้นแก่นตะวัน ระยะการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ (vegetative stage) มีผลให้ เนื้อเยื่อพิทเซลล์ (pit cell) ของลำต้น (stem) มีขนาดเล็กและสั้นลง และมีจำนวนเซลล์มากกว่าต้นแก่นตะวันปกติที่ไม่ได้รับสาร (Figure 2C,D) และที่ความสูงต้นลดลง เนื่องจากสาร PBZ มีผลต่อการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน ทำให้เซลล์พืชนั้นมีการเจริญเติบโตและการขยายขนาลดลงกว่าปกติ (พีรเดช ทองอำไพ, 2537)

พื้นที่ใบรวม

เมื่อครบ 12 สัปดาห์หลังปลูก ปัจจัยวิธีการให้ PBZ ทั้ง 3 วิธี ไม่ส่งผลทำให้พื้นที่ใบรวมมีความแตกต่างกัน ส่วนปัจจัยความเข้มข้น PBZ พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของสาร PBZ ที่ให้ ทำให้พืชมีพื้นที่ใบรวมเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีควบคุม และพบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้สารและความเข้มข้น คือ วิธีการแช่หัวพันธุ์ที่ระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบรวมสูงที่สุด 544.24 ตารางเซนติเมตร (Table 1) ทั้งนี้ PBZ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจเป็นความเข้มข้นที่สูงเกินไป ส่งผลให้เกิดใบหงิกและหนา และอาจเป็นเพราะต้นที่ได้รับสาร PBZ มีการเจริญของจำนวนกิ่งและจำนวนใบที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

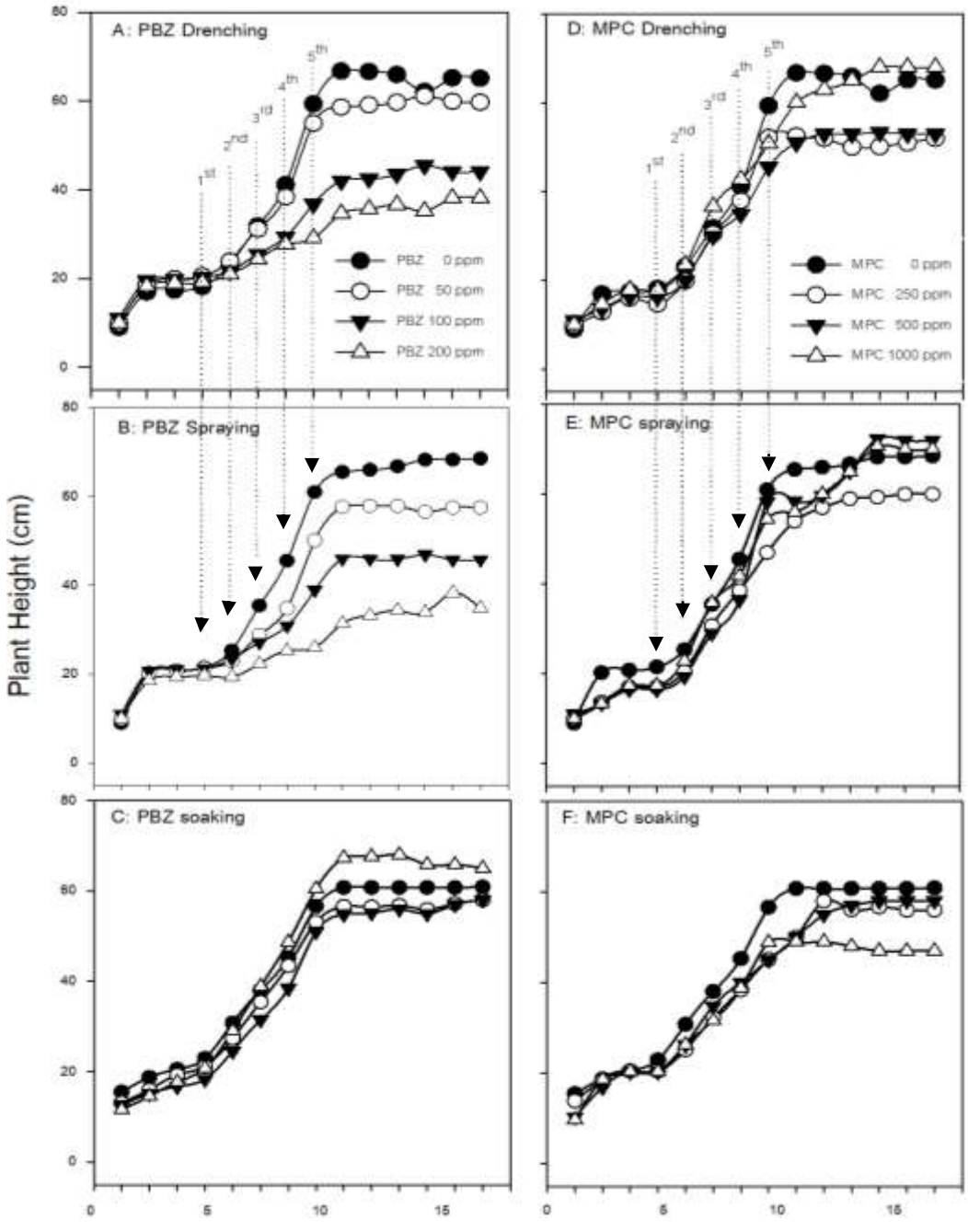

Figure 1 Plant height (cm) of Jerusalem artichoke which receives PBZ application 0, 50, 100 and 200 mg/L (A-C) and MPC application 0, 250, 500 and 1000 mg/L (E-F) at each week after planting.

Table1 Comparative plant height and total leaves area of Jerusalem artichoke which receive PBZ application at 12 WAP.

PGRs Application (A)	Plant height (cm)					Total leaves area (cm^2)				
	PBZ concentration (mg/L) (B)				AVG	PBZ concentration (mg/L) (B)				AVG
	0	50	100	200		0	50	100	200	
D	62.14abc	61.10bcd	45.46e	35.18f	50.97 b	350.91bc	389.54b	423.05b	258.26c	355.44
FS	68.25a	56.56cd	46.90e	33.88f	51.40 b	345 12bc	378.57b	422.23b	258.26c	388.85
TS	60.75bcd	55.89cd	54.96d	65.80ab	59.35 a	262.30c	537.18a	317.66bc	544.24a	415.35
AVG	63.71a	57.85b	49.10c	44.95d		319.44b	435.10a	387.65a	404.00a	
Method (A)	*					ns				
Conc. (B)	*					*				
A x B	*					*				
% CV	13.30					17.03				

* = different significant ns =non-significant, a, b, c, d, e, f, mean in the same column with different superscripts are significantly different (p<0.05), conc.: concentration, D: drenching, FS: foliar spraying, TS: tuber soaking, AVG: average.

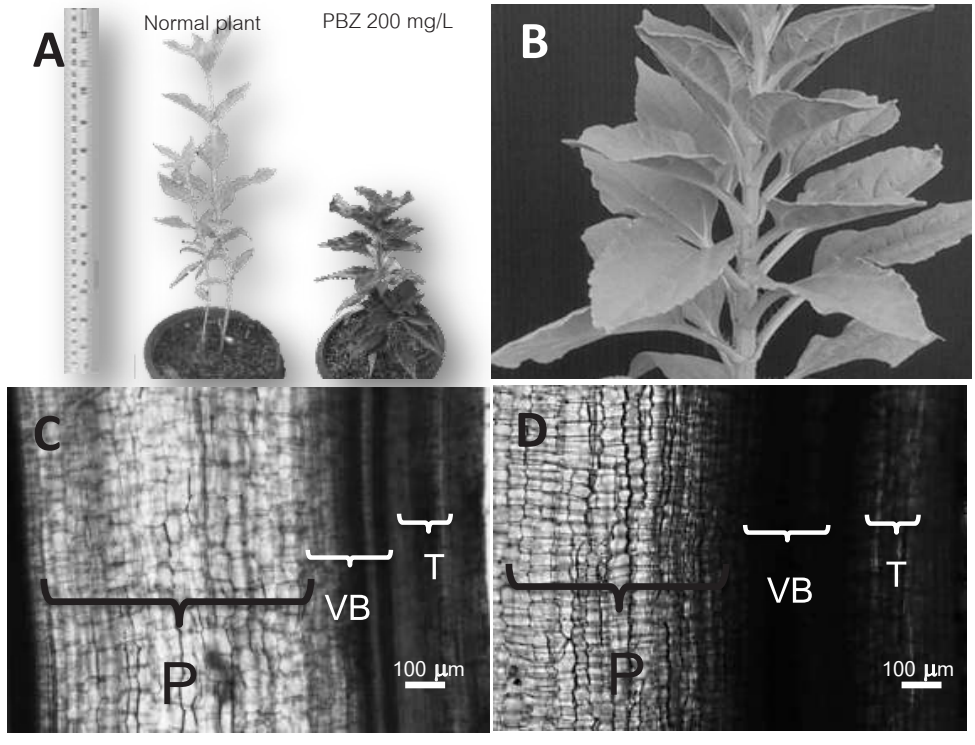

Figure 2 Normal and treated 200 mg/L PBZ plant at vegetative stage (A), shorten internode length of 200 mg/L PBZ treated plant (B), Stem transverse section (40x) of normal plant (C) and 200 mg/L PBZ treated plant (D) (The PBZ treated stem (D) is characterize by shorten of pit cell (P), compare to the regular pit cell in normal stem (C). VB: vascular bundle cell and T: cortex cell).

ดัชนีค่าความกะทัดรัด

ดัชนีค่าความกะทัดรัดเป็นค่าสัดส่วนระหว่างพื้นที่ใบรวมต่อความสูงต้น วิธีการให้สาร PBZ ส่งผลต่อค่าความกะทัดรัดของแก่นตะวัน โดยพบว่า การพ่นสาร PBZ ทางใบ ทำให้พืชมีดัชนีค่าความกะทัดรัดสูงที่สุด ส่วนปัจจัยความเข้มข้นสาร พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของ PBZ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ดัชนีค่าความกะทัดรัดของพืช สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม และพบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้และความเข้มข้น โดยวิธีการพ่น ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าความกะทัดรัดสูงที่สุด 12.09 cm^2/cm (Table 2) วิธีการดังกล่าว ให้ความสูงต้นน้อยกว่า (Table 1) แต่มีพื้นที่ใบรวมมีมากกว่าวิธีอื่น ๆ (Table 1) จึงส่งผลให้ดัชนีค่าความกะทัดรัด สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ตามไปด้วย (Table 2) เช่นเดียวกับการเพิ่มความกะทัดรัดของต้นพืชโดยให้สาร PBZ กับต้นเจอราเนียม (Banon *et al*., 2009) และดาวเรือง (ภาณุพล หงษ์ภักดี และปวีณา สนทา, 2557) ที่ปลูกเป็นไม้กระถาง

ร้อยละการออกดอก

การให้สาร PBZ ทั้งแบบราดสาร และพ่นสาร ยังคงทำให้แก่นตะวันมีการออกดอกได้เป็นปกติ คิดเป็นร้อยละ 33.34 และ 20.84 ตามลำดับ แต่วิธีการแช่หัวพันธุ์ก่อนปลูก ไม่ทำให้พืชออกดอก (Table 2) ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของสาร PBZ พบว่า ในช่วงระดับความเข้มข้นที่ 0 - 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังคงทำให้พืชออกดอกได้ โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้น PBZ เป็น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ร้อยละการออกดอก จะเพิ่มเป็น 33.34 แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 100-200 มิลลิกรัมต่อลิตร กลับทำให้แก่นตะวันไม่ออกดอก (Table 2) ในกรณีนี้ อาจเป็นไปได้ว่า การให้สาร PBZ ถึง 5 ครั้ง ส่งผลต่อการชะลอพัฒนาการด้านกิ่งก้าน (vegetative growth) จึงทำให้ตาดอกมีการพัฒนาช้าออกไป (Figure 2) ดังรายงานการให้ PBZ แล้วทำให้ไม้ดอกหลายชนิดเกิดดอกช้าลง เช่น ในดอกปทุมมา (Jungklang *et al*., 2017) ดาวเรือง (ภาณุพล หงษ์ภักดี และปวีณา สนทา, 2557) อย่างไรก็ตาม Hawkins *et al*. (2015) ได้ทดลองฉีดพ่นและราด PBZ กับต้น pink lady (*Dissotis rotundifolia*) และ Tibouchina hybrid (*Tibouchina semidecandra*) พบว่าการราดสารทำให้พืชมีอายุการบานของดอกนานมากกว่าการฉีดพ่นทางใบ

Table 2 Compactness index and percentage of flowering of Jerusalem artichoke which receive PBZ application at 12 WAP.

PGRs Application (A)	Compactness index (cm^2/cm)					Percentage of Flowering				
	PBZ concentration (mg/L) (B)				AVG	PBZ concentration (mg/L))				AVG
	0	50	100	200		0	50	100	200	
D	7.69	6.36	9.59	6.77	7.60b	25.00	41.67	NF	NF	33.34
FS	5.06	6.58	9.23	12.09	8.24a	16.67	25.00	NF	NF	20.84
TS	4.32	8.27	7.11	6.00	6.42c	NF	NF	NF	NF	NF
AVG	5.69b	7.07ab	8.64a	8.29a		20.84	33.34	NF	NF	
Method (A)	*									
Conc. (B)	*									
A x B	*									
% CV	18.37									

* = different significant, a, b, c mean in the same column with different superscripts are significantly different (p<0.05), conc.: concentration, D: drenching, FS: foliar spraying, TS: tuber soaking, AVG: average, NF: non-flowering

การทดลองที่ 2 การใช้สารเมพิควอทคลอไรด์

ความสูงต้น

การให้สาร MPC พบว่า ปัจจัยการให้สารทั้ง 3 วิธี ทำให้พืชมีความสูงต้นแตกต่างกัน โดยการราด และการแช่สาร MPC ช่วยลดความสูงต้นได้ดีกว่าการพ่นทางใบ (Figure 1 D, E, F) ส่วนปัจจัยความเข้มข้น พบว่า การให้ MPC เข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดความสูงต้นแก่นตะวันได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม และพบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้และความเข้มข้นเช่นกัน โดยวิธีการแช่หัวพันธุ์ในสารละลาย MPC ที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนปลูก ลดความสูงได้ดีที่สุด (Figure 1A, 3) เช่นเดียวกับการทดลองของ Al-Khassawneh *et al*. (2005) พบว่า การให้ MPC โดยการราด จะมีประสิทธิภาพ ในการกดความสูงของต้นไอริส (*Iris nigricans* Dinsm.) ให้เตี้ยลง ได้ดีกว่าวิธีการให้สารแบบอื่น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว การให้สารชะลอการเติบโตในกลุ่ม triazol โดยวิธีการราดจะมีประสิทธิภาพของสารในการออกฤทธิ์ตอบสนองต่อพืช ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจาก สารประเภทนี้จะถูกดูดซึมทางรากได้ดีกว่าทางใบ (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) จากผลการทดลอง วิธีการให้สาร PBZ โดยการราดสาร จึงให้ผลในการลดความสูงแก่นตะวันได้ดีกว่า และเมื่อความเข้มข้นสารเพิ่มมากขึ้น จะให้ผลการตอบสนองที่ดีขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ในกรณีของการใช้ MPC กลับพบว่า ความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้นจาก 0-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้ความสูงพืชลดลง เนื่องจากพืชมีประสิทธิภาพการดูดซึม และการตอบสนองของพืชต่อ MPC ที่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของสารและความเข้มข้นที่ใช้ ทำให้เชื่อว่าพืชมีการตอบสนองต่อสาร PBZ โดยถูกลดความสูงของแก่นตะวันได้ดีกว่าสาร MPC

พื้นที่ใบรวม

ส่วนการให้สาร MPC ทั้ง 3 วิธีการ พบว่า ไม่ส่งผลทำให้พื้นที่ใบรวมมีความแตกต่างเช่นเดียวกันกับการให้ PBZ ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของ MPC พบว่าที่ระดับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้แก่นตะวันมีพื้นที่ใบมากที่สุด และพบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้สารและความเข้มข้น คือ การแช่หัวพันธุ์ในสารละลาย MPC ที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบรวมน้อยที่สุด 256.75 ตารางเซนติเมตร (Table 3) อาจเป็นเพราะ MPC ในระดับความเข้มข้นสูง มีฤทธิ์ชะลอการเติบโตโดยลดขนาดของใบ มากกว่าการกระตุ้นการเจริญของกิ่งข้างและจำนวนใบ เช่นเดียวกับ Matsoukis *et al*. (2004) ที่รายงานว่า การให้สาร MPC ที่ความเข้มข้นสูง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้พื้นที่ใบของต้นผกากรอง (*Lantana camara* L. subsp. camara) มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีผลต่อการสร้างของตาดอกและตาใบ (Talia, 1985)

Table 3 Comparative plant height and total leaves area of Jerusalem artichoke which receive MPC application at 12 WAP.

PGRs Application (A)	Plant height (cm) MPC concentration (mg/L) (B)				AVG	Total leaves area (cm^2) MPC concentration (mg/L) (B)				AVG
	0	250	500	1000		0	250	500	1000	
D	62.14d	50.13h	53.33g	68.00c	58.40b	355.43cde	538.22bc	557.38b	484.07bcd	483.78
FS	68.25c	59.33e	72.33a	70.67b	67.65a	500.28bcd	369.88bcde	426.82bcde	396.69b	423.42
TS	60.75de	56.67f	58.00f	47.00i	55.60b	324.57de	794.53a	363.74cde	256.75e	434.90
AVG	63.71a	55.38b	61.22ab	61.89ab		393.43b	567.54a	449.31b	379.17b	
Method (A)			*					ns		
Conc. (B)			*					*		
A x B			*					*		
% CV			12.18					24.81		

* = different significant ns =non-significant, a, b, c, d, f, g, h, i mean in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05), conc.: concentration, D: drenching, FS: foliar spraying, TS: tuber soaking, AVG: average

ดัชนีค่าความกะทัดรัด

สำหรับปัจจัยวิธีการให้สาร MPC พบว่า วิธีการราดสาร ทำให้พืชมีดัชนีค่าความกะทัดรัดสูงที่สุด ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของ MPC ทั้ง 4 ระดับไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้และความเข้มข้น โดยการพ่นสาร MPC ที่ระดับ 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร กลับทำให้พืช มีดัชนีค่าความกะทัดรัดสูงที่สุด (Table 4)

ร้อยละการออกดอก

ส่วนการให้ MPC ทั้งแบบราดสาร และพ่นสาร พบว่า ยังคงทำให้แก่นตะวันมีการออกดอกได้เช่นกัน โดยการพ่นสาร MPC ทางใบ ทำให้แก่นตะวัน มีร้อยละการออกดอกใกล้เคียงกับการราดสาร (Table 4) ขณะที่การแช่หัวพันธุ์ก่อนปลูก แต่ทำให้พืชไม่ออกดอก เช่นเดียวกับการแช่ PBZ (Table 2) ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของสาร MPC พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของ MPC ทำให้พืชออกดอก (Figure 3) และยังพบอิทธิพลร่วมระหว่าง วิธีการให้สารแบบพ่น และราดที่ระดับ 500 กับ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมากกว่าต้นปกติที่ไม่ได้รับสาร ทั้งนี้ มีรายงานว่าการออกดอกของแก่นตะวัน ยังขึ้นกับสภาพอากาศ โดยเมื่อพืชกระทบอากาศหนาว ปริมาณการออกดอกจะลดน้อยลง และหากธาตุอาหารที่ให้ในระยะเจริญเติบโตทางกิ่งใบที่ไม่เพียงพอ อาจส่งผลทำให้ตาดอกไม่มีการพัฒนาด้วย (Denoroy, 1996)

Table 4 Compactness index and percentage of flowering of Jerusalem artichoke which receive PBZ application at 12 WAP.

PGRs Application (A)	Compactness index (cm^2/cm)					Percentage of Flowering				
	MPC concentration (mg/L) (B)				AVG	MPC concentration (mg/L)				AVG
	0	250	500	1000		0	250	500	1000	
D	6.20bc	11.05a	10.38a	6.81bc	8.61a	25.00	16.67	100.00	41.67	45.84
FS	9.13ab	5.71c	5.89c	5.49c	6.55b	16.67	16.67	100.00	41.67	43.75
TS	6.09bc	7.04bc	6.27bc	5.95c	6.34b	NF	NF	NF	NF	NF
AVG	7.14	7.93	7.51	6.08		20.84	16.67	100.00	41.67	
Method (A)	*									
Conc. (B)	ns									
A x B	*									
% CV	25.63									

* = different significant, ns =non-significant, a, b, c mean in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05), conc. = concentration, D: drenching, FS: foliar spraying, TS: tuber soaking, AVG: average , NF: non-flowering.

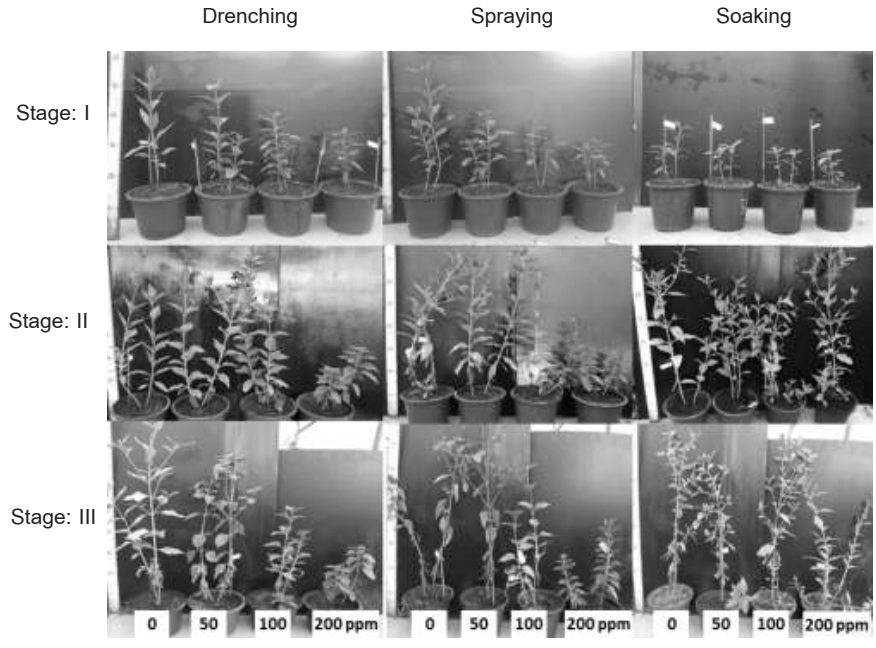

Figure 3 Plant characters of Jerusalem artichoke which receives PBZ application at 0, 50, 100 and 200 mg/L in by drenching, spraying and soaking techniques at stage I: vegetative, II: Flowering, III: Dormancy.

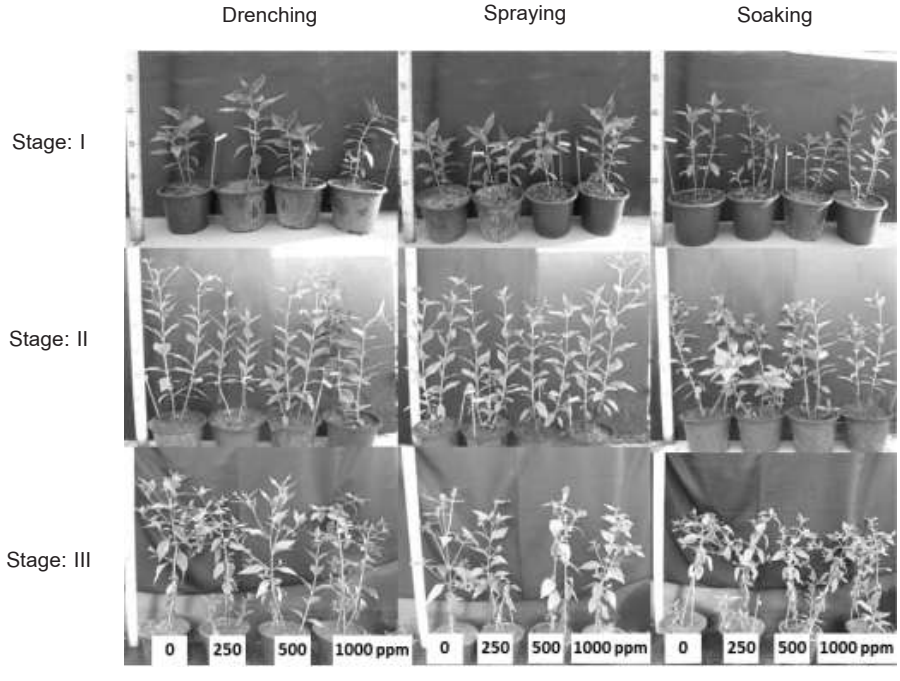

Figure 4 Plant characters of Jerusalem artichoke which receives MPC application at 0, 250, 500 and 1,000 mg/L in by drenching, spraying and soaking techniques at stage I: vegetative, II: Flowering, III: Dormancy.

สรุปผลการศึกษา

การให้สาร PBZ ทั้งวิธีราดและพ่น ที่ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดความสูงต้น เพิ่มพื้นที่ใบรวม และเพิ่มค่า compactness index ได้ แต่วิธีการแช่หัวพันธุ์ในสาร PBZ กลับไม่ทำให้พืชออกดอก

สำหรับการให้สาร MPC ที่ระดับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีความสูงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ ส่วนวิธีการให้สาร ทั้งราดและแช่ ลดความสูงต้นได้ดีกว่าการพ่น นอกจากนี้อิทธิพลร่วมระหว่าง วิธีการแช่และความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลได้ดีที่สุดในการลดความสูงต้น จากผลการทดลองนี้การใช้สารชะลอการเจริญเติบโต ทำได้เพียงลดความสูงต้น แต่ไม่ส่งเสริมการออกดอกของแก่นตะวัน เทคนิคดังกล่าวจึงยังไม่สามารถใช้เพื่อการผลิตแก่นตะวันเป็นไม้กระถางได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุนอุดหนุนวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ บุราณรมย์ สุมนา นีระ สนั่น จอกลอย และภาณุพล หงษ์ภักดี. 2560. การตอบสนองต่อสารพาโคลบิวทราโซลของแก่นตะวันเพื่อการผลิตเป็นไม้กระถาง. *แก่นเกษตร*. 45 (พิเศษ 1): 361-367.

จารุณี จูงกลาง กนกกาญจน์ ปองแก้ว กอบเกียรติ แสงนิล และจำนง อุทัยบุตร. 2550. การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีบางประการของปทุมมาที่ได้รับสารพาโคบิวทราโซลภายใต้สภาวะขาดน้ำ. *ว. วิทย์. กษ*. 38: 5(พิเศษ): 33-36.

จิตจำนง ทุมแสน จรรยา พรหมเฉลิม นันทิยา แซ่เตียว กาญจนา สุราภา และวันทนา นาคีสินธ. 2553. *ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโต การออกดอกและการให้ผลผลิตของเยอรูซาเล็มอาร์ติโชก พันธุ์แก่นตะวัน #1*. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง. ราชบุรี. 57 หน้า.

จิตราพรรณ พิลึก. 2536. *การเพาะเมล็ดและเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 82 หน้า.

จิรดา รามนู. 2540. ผลของสารแพคโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของบานชื่นหนูพันธุ์ดอกสีขาว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 14 หน้า.

ใจศิลป์ ก้อนใจ. 2542. *การศึกษาอิทธิพลของสารพาโคลบิวทราโซลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของชวนชม*. รายงานการวิจัย สถานีวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ชุมพล ปิยานนท์พงศ์. 2529. *การทดลองใช้สาร paclobutrazol เป็นสารชะลอการเจริญเติบโตในดาวเรือง*. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย. 2557. *พาโคลบิวทราโซล: ผลต่อการเติบโตของทรงพุ่มและ ปริมาณคลอโรฟิลล์ของชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์*. แก่นเกษตร 42(1): 39-46.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. *ฮอร์โมนพืชและการสังเคราะห์แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย*. วันชัยการพิมพ์. กรุงเทพฯ, 196 หน้า.

เพียงพิมพ์ พิสมัย. 2540. *ผลของไซโคเซลและพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของมะลิลาซ้อน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาชีววิทยา). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 129 หน้า.

ภาณุพล หงษ์ภักดี. 2557. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการใช้น้ำและการเติบโตของดาวเรืองกระถาง. *วารสารเกษตร* 30(3): 281-289.

ภาณุพล หงษ์ภักดี และปวีณา สนทา. 2557. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของดาวเรืองกระถางต่อการใช้สารพาโคลบิวทราโซล. *แก่นเกษตร* 42(3): 541-546.

วรารัตน์ ลีวรางกูล. 2545. *ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของทานตะวันพันธุ์ Pacino ที่ปลูกในกระถางขนาด 5 นิ้ว*. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 29 หน้า.

สนั่น จอกลอย วีรยา ลาดบัวทอง และรักชนก มีแก้ว. 2549. แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) พืชชนิดใหม่ใช้เป็นพลังงานทดแทน. *แก่นเกษตร*. 34(2): 104-111.

อัญรินทร์ หอมกลิ่น.2556. ผลของสารพาโคล บิวทราโซล ต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน โครงการนักศึกษาปริญญาตรี สาขาพืชสวน. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 16 หน้า

Banon, S., J.Miralles, A.Navarro and M. J. Sánchez-Blanco. 2009. Influence of paclobutrazol and substrate on daily apotranspiration of potted geranium. *Sci. Hort*., 122(4): 572-578.

Baldini, M., Danuso, F., Turi, M., and Vannozzi, G. P. 2004. Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. *Ind. Crops & Prod*., 19(1), 25-40.

Cumming, H.D., F.H. Yelverton and J.D. Hinton. 2002. *Use of gibberellic acid to reverse the effects of gibberellic acid inhibiting plant growth regulators*. Available source: http://www.turffiles.ncsu.edu/Files/Turfgrass/presentations/cummings/2002/Use_of_Gibberellic_Acid_to_Reverse_the_Effects_of_Gibberellic_Acid_Inhibiting_Plant_Growth_Regulators.pdf, August 23, 2017.

Dalziel, J., and D. K. Lawrence. 1984. *Biochemical and biological effects of kaurene oxidase inhibitors, such as paclobutrazol*.Monograph-British Plant Growth Regulation Group.

Denoroy, P. 1996. *The crop physiology of Helianthus tuberosus L: A model orientated view*. Biomass Bioenergy. 11: 11-32.

Hawkins, S. M., J. M.Ruter and C. D. Robacker. 2015. Spray and drench treatments of paclobutrazol influence growth of *Dissotis* and *Tibouchina*. *Hort. Sci*., 50(10): 1514-1517.

Jungklang, J., K. Saengnil and J. Uthaibutra. 2017. Effect of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, eletrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. Chiang Mai Pink. *Saudi J. Bio. Sci*. 24: 1505-1512.

Kashid, D. A. 2008. *Effect of growth retardants on growth, physiology and yield in sunflower (KBSH-1)*. Doctoral dissertation, UAS, Dharwad.

Koutroubas, S. D., G. Vassiliou, S. Fotiadis, and C. Alexoudis. 2004. Response of sunflower to plant growth regulators. In New Directions for a Diverse Planet: In *Proceedings 4th International Crop Science Congress*. Available source: http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/2/7/4/851_koutroubas.htm

Lalit, S. M. 2002. *Plant Growth and Development: Hormones and Environment*. Academic Press. 772 pp.

Matsoukis, A. S., I., Tsiros and A. Kamoutsis. 2004. Leaf area response of *Lantana camara* L. subsp. camara to plant growth regulators under different photosynthetic flux conditions. *Hort. Sci*. 39(5): 1042-1044.

Monti, A., Amaducci, M. T., and Venturi, G. 2005. Growth response, leaf gas exchange and fructans accumulation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as affected by different water regimes. *Eur. J. Agro*. 23(2): 136-145.

Sterrett, J. P. 1985. Paclobutrazol: a promising growth inhibitor for injection into woody plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*. 110(1): 4-8.

Talia, M.C. 1985. Further research about the effects of gibberellic acid upon freesia flowering. *Acta Hort*. 167: 187-192.

วันรับบทความ (Received date) : 15 พ.ค. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 22 ส.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 25 ต.ค. 61