

การเจริญเติบโตบางประการ และปริมาณโพรลีนในใบของต้นกล้าแก่นตะวัน ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล

Some Growth and Leaf Proline Content of *Helianthus tuberosus* L. Seedling Affected by Paclobutrazol Application

วรายุ ภาชี¹, ชนิตา อรุณธิน¹ และ ภาณุพล หงษ์ภักดี^{1*}

Warayu Phasri¹, Chanita Aroonthin¹ and Panupon Hongpakdee^{1*}

บทคัดย่อ: บทคัดย่อ: แก่นตะวันมีการตอบสนองต่อการให้สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol: PBZ) โดยสามารถลดความสูง เพิ่มความกะทัดรัด ในการใช้เป็นไม้กระถางได้ หากแต่ยังไม่ทราบข้อมูลของปริมาณโพรลีนที่อาจเกี่ยวข้องกับการจัดการเรื่องสภาวะไม่เหมาะสมในพืช จึงดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าแก่นตะวันต่อวิธีการให้ และปริมาณความเข้มข้นของสาร PBZ วางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น มีปัจจัย A เป็นวิธีการให้สาร 2 แบบ คือ 1) วิธีการราดลงวัสดุปลูก เมื่อพืช อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ครั้งๆ ละ 50 ml และ 2) วิธีการแช่หัวพันธุ์ นาน 2 ชั่วโมงก่อนปลูก ปัจจัย B เป็นความเข้มข้นของ PBZ 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 ppm ผลการทดลอง พบว่า การให้สาร PBZ แบบแช่หัวพันธุ์ มีผลต่อการลดความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ปริมาณโพรลีน และการเพิ่มค่า SPAD unit มากกว่าวิธีการราดสารลงวัสดุปลูก ขณะที่ปัจจัยการเพิ่มระดับความเข้มข้นของสาร PBZ มีผลต่อการลดความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และการเพิ่มค่า SPAD unit เช่นเดียวกัน แต่ให้ผลการตอบสนองที่หลากหลายต่อปริมาณโพรลีนในใบพืช นอกจากนี้ ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างการแช่หัวพันธุ์ใน PBZ ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm ซึ่งทำให้ความกว้างทรงพุ่มลดลงมากที่สุด แต่ให้ปริมาณโพรลีนสะสมในใบสูงสุด ขณะที่การแช่หัวพันธุ์ใน PBZ ที่ระดับ 200 ppm ให้ค่า SPAD สูงสุด

คำสำคัญ: แก่นตะวัน, พาโคลบิวทราโซล, ไม้กระถาง, โพรลีนในใบพืช

ABSTRACT: Abstract: Sunchoke (*Helianthus tuberosus* L.) has positive responses for paclobutrazol (PBZ) application by decrease plant height and increase compactness index for ornamental containerized purpose. The information about proline content which might concern the topic of plant face adverse environmental stress was lack. The study of sunchoke seedling response for PBZ methods and its concentration was conducted in 2X4 factorial in CRD with 3 replication s (3 plants per replications) follow by factor A: PBZ application methods: 1) Media drenching at 4 weeks, 50mL for 5 times and 2) Tuber soaking at 2h before planting. Factor B: PBZ concentration i.e. 0, 50, 100 and 200 ppm, respectively. The result found that tuber soaking with PBZ treatment gave more reduced plant height, canopy width, proline content in leaf and increase SPAD Unit than the PBZ media drenching methods. While, increase PBZ concentrations factors gave similar the poor result in plant height, canopy width and better SPAD Unit, but fluctuate in leaf proline content. Nevertheless, it was found an interaction between PBZ 50 ppm soaking, which gave the lowest canopy width but highest proline content, while 200 ppm PBZ soaking gave the highest SPAD unit.

Keywords: Jerusalem artichoke, paclobutrazol, containerize plant, leaf proline content

¹ สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University 40002

* Corresponding author: panupon@kku.ac.th

บทนำ

แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) เป็นพืชอาหาร (functional foods) ที่กำลังได้รับการพัฒนาเป็นไม้กระถาง ทั้งด้วยวิธีการเกษตรกรรม เช่น การตัดแต่งกิ่ง (เกสร และภาณุพล, 2561) การตัดยอด (Hongpakdee et al., 2019) และการใช้สารชะลอการเจริญเติบโตในกลุ่มไตรอะซอล (triazole) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (Gibberellins: GA) ในพืช เช่น สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol: PBZ) โดยมีผลทำให้แก่นตะวันเบอร์ 1 อายุ 50 วัน หลังย้ายปลูกมีความสูงต้นจะลดลงตามความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น (จิตจำนง และคณะ, 2553) ทำให้แก่นตะวันเบอร์ 2 มีความสูง และความกว้างทรงพุ่มลดลง (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2560) การให้สาร PBZ ทั้งวิธีรดและพ่นที่ 100 และ 200 ppm สามารถลดความสูงต้น เพิ่มพื้นที่ใบรวม และเพิ่มค่า compactness index ได้ แต่วิธีการแช่หัวพันธุ์ในสาร PBZ กลับไม่ทำให้พืชออกดอก (อัจฉราภรณ์ และคณะ, 2562)

โดยทั่วไปสาร PBZ นอกจากจะมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์ GA บริเวณเนื้อเยื่อเจริญใต้ปลายยอด (subapical meristem) โดยการขัดขวาง oxidation ของ *ent*-kaurenal ไม่ให้เปลี่ยนเป็น *ent*-kaurenoic acid (Dalziel and Lawrence, 1984) จึงมีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์ และการยืดยาวของเซลล์ (Cumming, 2002) แล้ว ยังพบว่า สาร PBZ ช่วยส่งเสริมให้พืชเพิ่มความสามารถในการทนทาน กับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (increase tolerance of crops to various environmental stress) เช่น การขาดน้ำ (water deficit stress) และการได้รับอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง (freezing temperature) ผ่านการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) ค่าการรั่วไหลอิเล็กโทรไลต์ของ

เซลล์ (electrolyte leakage: EL) และปริมาณโพรลีน (prolinecontent) เป็นต้น โดยพบว่าสาร PBZ ทำให้พืชทนแล้งได้มากขึ้น ผ่านการลดลงของค่า EL และปริมาณโพรลีนแต่พบการเพิ่มขึ้นกิจกรรม CAT และ SOD ในต้นปทุมมาที่ขาดน้ำ (Jungklang et al. 2017) ขณะที่การให้ PBZ กับหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana*) จะทำให้พืชต้านทานความแล้งมากขึ้น พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของ วิตามิน E ปริมาณโพรลีน ปริมาณโปรตีนบางชนิดและลดการถูกทำลายของสารสี ทั้งคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน (Hajihachemi and Ehsanpour, 2013)

นอกจากนี้ กิจกรรมการชะลอการเติบโตพืชของ PBZ นั้น พบว่าไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ (phytotoxicity) หรือทำให้เกิดอาการไหม้ (scorch) ต่อพืช เมื่อใช้ในอัตราความเข้มข้นที่สูง (Dalziel and Lawrence, 1984) PBZ สามารถดูดซึม และเคลื่อนย้ายได้ดี ทั้งในราก ลำต้น และใบพืช โดยเฉพาะการเคลื่อนที่แบบสภาพขั้ว acropetal ในท่อ xylem ของพืช (Anon, 1984) ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทำให้วิธีการให้สารแบบรด (drenching) จึงมีประสิทธิภาพของการใช้งาน PBZ มากที่สุด อย่างไรก็ตาม วิธีการให้สาร PBZ แบบพ่นทางใบ (Foliar spraying) กลับพบว่าได้ผลดีที่สุด ในการใช้ PBZ เพื่อป้องกันพืชจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Fletcher et al., 2000) แม้ว่าการใช้งาน PBZ ในแก่นตะวันเพื่อลดความสูง และเพิ่มความกะทัดรัด (compactness index) จะมีรายงานบ้างแล้ว หากแต่ผลของวิธีการให้สาร ตลอดจนระดับความเข้มข้นที่กระทบต่อปริมาณโพรลีน และการเจริญเติบโตอื่นเมื่อแก่นตะวันได้รับ PBZ ยังคงมีอยู่ค่อนข้างน้อย เพื่อเป็นการอธิบายผลการตอบสนองดังกล่าวให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ในพืชชนิดนี้ ก่อนใช้เป็นแนวทางในการผลิตแก่นตะวันเป็นไม้กระถาง จึงเป็นที่มาของการทดลองในครั้งนี้

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลองโดยปลูกถั่วแระวันเบอร์ 3 (CN 52867) ด้วยการผ่านหัวออกเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วนำไปบ่มในกล่องพลาสติก ที่รองและกลบด้วยแกลบดำ เมื่อพืชเริ่มแตกยอด จึงย้ายลงถาดหลุม ให้พืชเจริญเติบโตจนกระทั่งมีใบจริง 2-3 คู่ใบ จึงย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว ที่มีวัสดุปลูกเป็นทราย: ขุยมะพร้าว: แกลบดิบ: แกลบดำ ในอัตราส่วน 1:1:1:1 โดยวางหัวพันธุ์จากผิววัสดุปลูก ประมาณ 3 เซนติเมตร วางกระถางปลูกไว้ในโรงเรือนเปิด ให้น้ำทางผิวดินทุกวันในตอนเช้า มีการให้น้ำเมื่อสูตร 15-15-15 อัตรา 2.5 กรัม/ต้น/สัปดาห์ มีการวางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น มีปัจจัย A เป็นวิธีการให้สาร 2 แบบ คือ 1) วิธีการรดลงวัสดุปลูก (drenching) เมื่อพืชอายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ครั้ง ๆ ละ 50 ml และ 2) วิธีการแช่หัวพันธุ์ (soaking) นาน 2 ชั่วโมงก่อนปลูก ปัจจัย B เป็นความเข้มข้นของ PBZ 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 ppm

บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ การเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และค่า SPAD Unit ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืช ทุกสัปดาห์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโพรงในใบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม statistic 10 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant difference (LSD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการทดลอง พบว่า ปัจจัยของวิธีการให้สาร PBZ กับถั่วแระวัน โดยการรดลงวัสดุปลูก (media drenching) มีผลทำให้ความสูง และความกว้างทรง

พุ่มของต้นกล้าถั่วแระวันลดลงตลอด 4 สัปดาห์ (Figure 1A) มากกว่าวิธีการแช่หัวพันธุ์ (tuber soaking) แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยต่อความสูงต้น ในขณะที่การแช่หัวพันธุ์ 50 ppm และ 200 ppm จะช่วยลดความกว้างทรงพุ่มได้ดีกว่าต้นปกติ (Table 1) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า SPAD Unit กลับพบว่า วิธีการแช่หัวพันธุ์ ทำให้พืชมีค่า SPAD Unit เพิ่มขึ้น (Figure 1B) ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะอิทธิพลดังกล่าวหัวพันธุ์อาจมีโรคาสุดซึ่งสาร PBZ ได้นานกว่าการรดสาร ซึ่งการรดสารอาจถูกชะล้างไปพร้อมกับน้ำทำให้พืชมีประสิทธิภาพการดูดซึมสารได้ดีกว่าวิธีการอื่น นอกจากนี้ วิธีการแช่หัวพันธุ์ ยังส่งผลให้ต้นกล้าถั่วแระวัน มีปริมาณโพรงเพิ่มขึ้นมากกว่า การรดสาร PBZ ลงวัสดุปลูก (Figure 1D) โดยปกติแล้ว พืชที่ได้รับสาร PBZ จะมีกลไกในการป้องกันตนเองจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม มากกว่าพืชปกติ ผ่านการลดลงของปริมาณโพรง ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีความเกี่ยวข้องกับสภาพเครียด (stress) ในพืช หากพืชมีปริมาณโพรงมากขึ้น ย่อมหมายถึงการเผชิญความเครียดที่มากขึ้น คล้ายกับในต้นปทุมมาที่ขาดน้ำ (Jungklang et al., 2012) และต้นทับทิมที่ทนแล้งในสภาพปลอดเชื้อ (Hajihachemi and Ehsanpour, 2013) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การรดสาร PBZ ลงวัสดุปลูกในถั่วแระวัน ทำให้พืชทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้มากกว่า การแช่หัวพันธุ์ลงใน PBZ จึงพบปริมาณโพรงในใบพืชลดลง (Figure 1D)

เมื่อพิจารณาปัจจัยความเข้มข้นของ PBZ พบว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้น PBZ ส่งผลให้ต้นกล้าถั่วแระวัน มีความสูงต้น (Figure 2A) และความกว้างทรงพุ่ม (Figure 2C) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ

ต้นปกติ ทั้งนี้ เป็นเพราะอิทธิพลของสาร PBZ ที่ช่วยยับยั้งการสังเคราะห์ GA จึงส่งผลให้พืชไม่เกิดการยืดยาวของเซลล์ นอกจากนี้ ทุกระดับของความเข้มข้นสาร PBZ ที่เพิ่มขึ้น ยังส่งผลทำให้ ค่า SPAD unit มีค่าเพิ่มมากขึ้น (Figure 2B) เนื่องจาก ค่า SPAD unit เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช อีกทั้งมีรายงานว่า การที่พืชได้รับสาร PBZ จะส่งผลทำให้ขนาดของ palisade cell ในชั้น mesophyll มีความยาวเพิ่มขึ้น จึงมีปริมาณคลอโรฟิลล์สะสมภายในเซลล์เพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้สังเกตเห็นใบของพืชที่ได้รับสาร PBZ มีสีเขียวเข้มมากขึ้น นอกจากนี้ บางรายงานพบว่า การให้พืชรับสาร PBZ จะทำให้มีความสามารถในการชะลอการถูกทำลายของสารสี (pigment) ทั้งคลอโรฟิลล์แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน ได้มากกว่าต้นปกติ (Hajihachemi and Ehsanpour, 2013) นอกจากนี้ ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่าง การแช่หัวพันธุ์ใน PBZ 200 ppm ที่ทำให้ใบพืชมีค่า SPAD สูงสุด (Table 2)

การลดลงของปริมาณโพสลิ้น เมื่อพืชได้รับสาร PBZ นั้นเป็นเหตุที่เกิดจากการที่สาร PBZ ช่วยทำให้พืชมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ทั้งการขาดน้ำ และการเผชิญกับสภาพอุณหภูมิแช่แข็ง (freezing tolerance) โดยอาจเป็นผลร่วมกันของทั้งการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง

กับการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น catalase (CAT) และ superoxide dismutase (SOD) และสารชีวเคมีอื่นๆ เช่น ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ (soluble sugars) ในกรณีของต้นกล้าแก่นตะวัน การได้รับสาร PBZ ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น กลับทำให้ปริมาณโพสลิ้นมีการตอบสนองที่หลากหลายโดยการให้ PBZ 50 ppm และ 200 ppm ทำให้โพสลิ้นลดลง แต่การให้ที่ 100 ppm กลับทำให้ปริมาณโพสลิ้นเพิ่มขึ้นในระยะ 4 WAP (Figure 2D) แตกต่างจากวิธีการให้สาร PBZ โดยการรดลงดิน ที่ทำให้พืชมีปริมาณโพสลิ้นในใบต่ำกว่ากรรมวิธีการแช่หัวพันธุ์ เฉพาะในระยะ 2 และ 5 สัปดาห์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วม พบว่า การให้ PBZ 50 ppm โดยการแช่หัวพันธุ์ทำให้พืชมีปริมาณโพสลิ้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด (Table 2) อย่างไรก็ตาม ในเรื่องการตอบสนองต่อสาร PBZ พืชบางชนิด พบว่า มีปริมาณโพสลิ้นเพิ่มสูงมากขึ้น เมื่อได้รับ PBZ เพิ่มมากขึ้น พร้อม ๆ กับความสามารถในการต้านทานสภาพเครียด เช่น สภาพการทนแล้งเพิ่มมากขึ้น โดยอธิบายได้ว่าพืชมีการสะสมปริมาณโพสลิ้นคาร์โบไฮเดรตไกลซีนบีเทน (glycine betaine) และสารละลายอื่น ๆ ในไซโตพลาสซึม เพื่อรักษาสมดุลแรงดันเต่งภายในเซลล์ (cell turgor) ซึ่งเรียกกันว่า osmotic adjustment (Ajum et al., 2011)

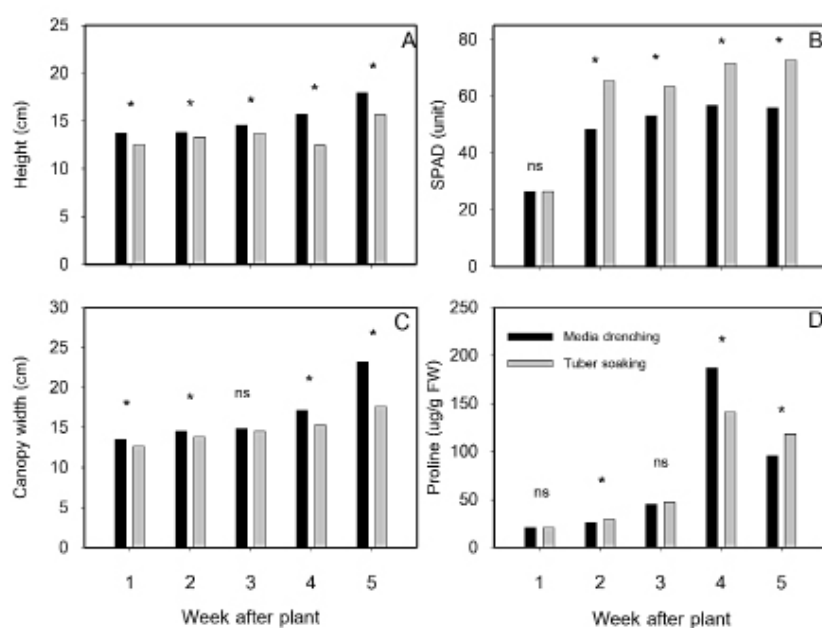


Figure 1 PBZ application methods (media drenching and tuber soaking) affected plant height (A), SPAD unit (B), canopy width (C) and proline content (D) in *Helianthus tuberosus* L. after 5 weeks after planting (WAP)

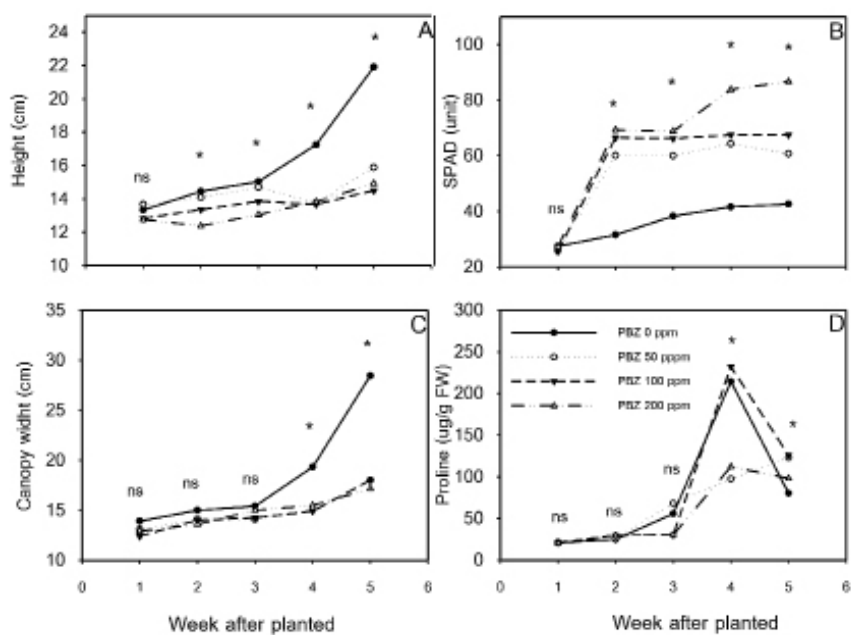


Figure 2 PBZ application methods (media drenching and tuber soaking) affected plant height (A), SPAD unit (B), canopy width (C) and proline content (D) in *Helianthus tuberosus* L. after 5 weeks after planting (WAP)

Table1 Effect of PBZ application methods and its concentration on height and canopy width of *Helianthus tuberosus* L. at 5 WAP

PGRs application	Plant height (cm)					Canopy width				
	PBZ concentration (ppm)				AVG	PBZ concentration (ppm)				AVG
	0	50	100	200		0	50	100	200	
Drenching	22.33 ^a	18.10 ^b	15.50 ^c	15.83 ^{bc}	17.94 ^a	34.50 ^a	20.00 ^{bc}	19.83 ^{bc}	18.33 ^{cd}	23.16 ^a
Soaking	21.50 ^a	13.67 ^c	13.50 ^c	14.00 ^c	15.67 ^b	22.41 ^b	16.00 ^d	16.20 ^{cd}	16.00 ^d	17.65 ^b
AVG	21.91 ^a	15.88 ^b	14.50 ^b	14.91 ^b		28.45 ^a	18.00 ^b	18.01 ^b	17.16 ^b	
Method (A)	*					*				
Conc. (B)	*					*				
A x B	ns					*				
% CV	8.44					10.82				

* = different significant, ns =non-significant, a,b,c,d mean in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05), conc. = concentration

Table 2 Effect of PBZ application methods and its concentration on Proline and SPAD (unit) of *Helianthus tuberosus* L. at 5 WAP

PGRs application	SPAD (unit)					Proline (mg/g FW)				
	PBZ concentration (ppm)				AVG	PBZ concentration (ppm)				AVG
	0	50	100	200		0	50	100	200	
Drenching	41.10 ^e	56.27 ^d	62.33 ^{cd}	64.13 ^{cd}	72.77 ^a	76.66 ^e	89.79 ^d	108.08 ^c	107.05 ^c	118.41 ^a
Soaking	44.07 ^e	65.10 ^{bc}	72.63 ^b	109.30 ^a	55.95 ^b	84.12 ^{de}	156.22 ^a	144.06 ^b	89.24 ^d	95.39 ^b
AVG	42.58 ^d	60.68 ^c	67.48 ^b	86.71 ^a		80.39 ^c	123.01 ^a	123.07 ^a	98.15 ^b	
Method (A)	*					*				
Conc. (B)	*					*				
A x B	*					*				
% CV	7.25					6.55				

* = different significant, ns =non-significant, a,b,c,d mean in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05), conc. = concentration

สรุป

ต้นกล้าของแก่นตะวันมีการตอบสนองต่อวิธีการให้และความเข้มข้นของสาร PBZ โดยปัจจัยการให้สารแบบราดลงดิน มีผลต่อการลดความสูง ความกว้างทรงพุ่ม การเพิ่มค่า SPAD unit และลดปริมาณโพรงเส้น มากกว่าวิธีการแช่หัวพันธุ์ ขณะที่ปัจจัยการเพิ่มระดับความเข้มข้นของสาร PBZ มีผลต่อการลดความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และการเพิ่มค่า SPAD unit เช่นเดียวกัน แต่ให้ผลการตอบสนองที่หลากหลายต่อปริมาณโพรงเส้นในใบที่ขนอกจากนี้ ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างการแช่หัวพันธุ์ใน PBZ เข้มข้น 50 ppm ที่ทำให้ความกว้างทรงพุ่มลดลงมากที่สุด แต่ให้ปริมาณโพรงเส้นสูงสุด ขณะที่การแช่หัวพันธุ์ใน PBZ ระดับ 200 ppm ให้ค่า SPAD สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ บุราณมัย, สุมนา นีระ, สนั่น จอกลอย และ ภาณุพล หงษ์ภักดี. 2560. การตอบสนองต่อสารพาโคลบิวทราโซลของแก่นตะวันเพื่อการผลิตเป็นไม้กระถาง. แก่นเกษตร. 45 (พิเศษ 1): 361 – 367.
เกสร แก้วบัว และภาณุพล หงษ์ภักดี. 2561. ผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวันเพื่อผลิตเป็นไม้ดอกกระถาง. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 199 มีนาคม 2561 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น. 495 – 504.

จิตจำนง ทุมแสน จรรยา พรหมเฉลิม นันทิยา แซ่เตียว ภาณุจนา สุราภา วันทนา นาดีสินธ. 2553. ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตการออกดอกและ7การให้ผลผลิตของเยรูซาเล็มอาร์ทิโชก พันธุ์แก่นตะวัน #1. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง. ราชบุรี. 57น.

อัจฉราภรณ์ แสนทองคำ สุมนา นีระ สนั่น จอกลอย และ ภาณุพล หงษ์ภักดี. 2562. การราดสารพาโคลบิวทราโซลและเมพิควอทคลอไรด์เพื่อควบคุมการเจริญเติบโต และการออกดอกของแก่นตะวันกระถาง. เกษตรพระจอมเกล้า (รอตีพิมพ์)

Anjum, S.A., X. Xie, L. Wang, M. F. Saleem, C. Man, and W. Lei. 2011. Morphological physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res. 6: 2026-2032.

Anonymous 1984: Paclobutrazol, plant growth regulator for fruit. London, Fern Hurst, Imperial Chemical Industries (Plant Protection Division).

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. <http://www.turffiles.ncsu.edu>. Accessed 14 Feb. 2018.

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

- Fletcher, R.A., A. Gilley, N. Sankhla, and T.D. Davis. 2000. Triazoles as Plant GrowthRegulators and Stress Protectants. Hort. Rev. 24: 55-137.
- Hajihashemi, S., and A. A. Ehsanpour. 2013. Influence of exogenously applied paclobutrazolon some physiological traits and growth of *Stevia rebaudiana* under in vitro drought stress. Biologia. 68: 414-420.
- Hongpakee, P., S. Seedapalee, S. Neera, and S. Jogloy. 2019. Response of *Helianthus tuberosus* L. to pinching techniques for ornamental containerized purpose. Acta Hort (Inpress)
- Jungklang, J., and K. Saengnil. 2012. Effect of paclobutrazol on Patumma cv. Chiang Mai Pink under water stress Songklanakarin J. Sci. Technol. 34: 361-366.
- Jungklang, J., K. Saengnil, and J. Uthaibutra. 2017. Effects of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, electrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. 'Chiang Mai Pink'. Saudi J. Biol Sci. 24: 1505 - 1512.