

ผลของการให้แสงคั่นกลางคืนและพาโคลบิวทราโซลต่อสารประกอบทางเคมีในปทุมมาพันธุ์ Kimono Pink ที่ปลูกนอกฤดู

Effect of Night-break and Paclobutrazol on Chemical Compound in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. 'Kimono' Pink Grown Off-season

เกรียงศักดิ์ บุญเที่ยง^{1*}, เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช², ประสิทธิ์ ชุติชูเดช²

Kriangsuk Boontiang^{1*}, Benjawan Chutichudet², Prasit Chutichudet²

Received: 27 February 2017 ; Accepted: 20 June 2017

บทคัดย่อ

การศึกษากิจกรรมของสารประกอบทางเคมีในปทุมมาพันธุ์ Kimono Pink ที่ปลูกนอกฤดู 2 รุ่น (2 การทดลอง) โดยให้พืชได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ร่วมกับการให้พาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 0, 200, 400, 600 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายใต้แผน การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 5 กรรมวิธี ๆ ละ 10 ซ้ำ (10 ต้นต่อซ้ำ) พบว่า ปทุมมาปลูกนอกฤดูรุ่นที่ 1 ซึ่งได้รับแสงคั่นกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ร่วมกับพาโคลบิวทราโซล 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบและมีปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบประดับส่วนบนสูงที่สุดเฉลี่ย 70.56 mg g⁻¹ dry weight และ 16.27 mg g⁻¹ fresh weight ส่วนปทุมมาปลูกนอกฤดูรุ่นที่ 2 ซึ่งได้รับแสงคั่นกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง และพาโคลบิวทราโซล 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (68.43 mg g⁻¹ dry weight) มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในก้านช่อดอกและในช่อดอกและมีปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบประดับส่วนบนสูงที่สุดเฉลี่ย 23.80 และ 22.32 mg g⁻¹ dry weight และ 15.29 mg g⁻¹ fresh weight

คำสำคัญ: ปทุมมาปลูกนอกฤดู การให้แสงคั่นกลางคืน พาโคลบิวทราโซล คลอโรฟิลล์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง แอนโทไซยานิน

Abstract

A study on the effect of night-break and paclobutrazol on chemical compound in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. 'Kimono Pink' grown off-season was conducted on 2 planting dates (2 experiments) under night-break for 2 hours and paclobutrazol 0, 200, 400, 600 and 800 mg/L in completely randomized design with 5 treatments and 10 replications (10 plants/replication). The data of 1st experiment demonstrated that plants grown under 2 hours night-break and 600 mg/L paclobutrazol gave the best result in terms of chlorophyll in leaf (70.56 mg g⁻¹ dry weight) and anthocyanin in coma bract (16.27 mg g⁻¹ fresh weight); in the other 2nd experiment demonstrated that plants grown under 2 hours night-break and 600 mg/L paclobutrazol gave the best result in terms of chlorophyll in leaf (68.43 mg g⁻¹ dry weight) and content of total non-structural carbohydrates in peduncle and inflorescence (23.80 mg g⁻¹ and 22.32 mg g⁻¹ dry weight) and anthocyanin in coma bract (15.29 mg g⁻¹ fresh weight).

Keywords: off-season *Curcuma alismatifolia* Gagnep., night-break, paclobutrazol, chlorophyll, non-structural carbohydrates, anthocyanin

^{1,2}ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ³รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

^{1,2}Assistant Professor, ³Associated Professor Department of Agricultural Technology, Mahasarakham University, Khantharawichai District, Mahasarakham 44150

* Corresponding author: Kriangsuk Boontiang, Department of Agricultural Technology, Mahasarakham University

บทนำ

ปทุมมาและกระเจียวประดับ (Ornamental curcuma) จัดเป็นพืชกลุ่มไม้ดอกเขตร้อนที่มีศักยภาพสูงในการแข่งขันทางการค้าและการส่งออกในรูปแบบไม้ตัดดอกและไม้กระถางจากประเทศไทย¹ โดยมีมูลค่าทางการตลาดสูงเป็นอันดับที่ 9 ของตลาดอัลสเมียร์ประเทศเนเธอร์แลนด์ ตลาดประมูลไม้ดอกไม้ประดับใหญ่ที่สุดในโลก² สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศไม่น้อยกว่า 64 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี³ โดยปกติปทุมมาและกระเจียวจะเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตและปรากฏช่อดอกเฉพาะในช่วงฤดูฝน ขณะที่ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนจะเป็นช่วงพักตัว เพราะพืชไม่สามารถสร้างอาหารเพื่อสนับสนุนกระบวนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของช่อดอกได้อย่างเพียงพอภายใต้ข้อจำกัดของช่วงเวลาที่พืชได้รับแสงน้อยกว่าปกติในสภาพวันสั้นในฤดูหนาวและสภาพแห้งแล้งตลอดช่วงฤดูร้อน อย่างไรก็ตามด้วยเหตุผลด้านการตลาดที่ต้องการช่อดอกปทุมมาตลอดทั้งปี ทำให้เกิดความพยายามพัฒนาแนวทางเพาะปลูกปทุมมาออกฤดูภายใต้โรงเรือนร่วมกับการให้แสงคั่นกลางคืน^{4,5} รวมถึงพัฒนารูปแบบการเพาะปลูกปทุมมาออกฤดูในสภาพแปลงเปิดร่วมกับการให้แสงคั่นในช่วงกลางคืนเพื่อลดต้นทุนในการปลูกสร้างโรงเรือนอย่างต่อเนื่อง⁶ อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดในการควบคุมปัจจัยแวดล้อมของสภาพแปลงเปิดที่มีความผันแปรจึงส่งผลกระทบต่อความสม่ำเสมอด้านกายภาพของพืช ทั้งนี้บุษยามาศ และคณะ⁷ ได้รายงานผลการศึกษาข้อมูลการเจริญเติบโตและการพัฒนาของช่อดอกปทุมมาที่เพาะปลูกนอกฤดูในสภาพแปลงเปิดซึ่งได้รับแสงคั่นในช่วงกลางคืนร่วมกับพาโคลบิวทราโซล เพื่อเป็นแนวทางการส่งเสริมคุณภาพการผลิตปทุมมาออกฤดูต้นทุนต่ำ แต่ยังไม่ปรากฏรายงานผลวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของพืชที่เพาะปลูกภายใต้รูปแบบดังกล่าว

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ การสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (Total nonstructural carbohydrates: TNC) ในส่วนต่างๆ และปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบประดับส่วนบน (Coma bract) ของช่อดอกปทุมมาพันธุ์ Kimono Pink ที่เพาะปลูกนอกฤดูในสภาพแปลงเปิดภายใต้สภาวะที่พืชได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืนและพาโคลบิวทราโซล

วิธีการศึกษา

1. พืชทดลอง ได้แก่ คือ ปทุมมา (*Curcuma alismatifolia* Gagnep.) พันธุ์ Kimono Pink กำหนดการเพาะปลูกพืชทดลอง 2 รุ่น (2 การทดลอง) รุ่นที่ 1 เพาะปลูกในระหว่างเดือนกันยายน – ธันวาคม 2558 และรุ่นที่ 2 เพาะปลูกระหว่าง

เดือนพฤศจิกายน 2558 – กุมภาพันธ์ 2559 เริ่มต้นโดยคัดเลือกเหง้าปทุมมาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.5 - 1.7 เซนติเมตร และมีรากสะสมอาหารเฉลี่ย 4 รากต่อเหง้า โดยเหง้าที่ใช้ปลูกทั้งหมดผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 4 เดือน นำเหง้าปทุมมาที่ใช้ปลูกไปแช่ในน้ำประปานาน 3 วัน (เปลี่ยนน้ำใหม่ทุกวัน) เพื่อกระตุ้นการงอก จากนั้นนำเหง้าไปเพาะในกระบะเพาะที่บรรจุทรายและถ่านกลบ อัตราส่วน 1:1 จนกระทั่งตาเหง้าแตกหน่อสูงพ้นผิววัสดุเพาะประมาณ 1 นิ้ว จึงย้ายกล้าปทุมมาไปปลูกในถุงพลาสติกสีดำขนาด 6 x 11 นิ้ว ที่บรรจุวัสดุปลูกประกอบด้วยส่วนผสมของดิน ทราย และถ่านกลบ อัตราส่วน 1:1:1 (ปลูก 1 ต้นต่อถุง)

2. แผนการทดลอง การศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) 5 กรรมวิธี ๆ ละ 10 ซ้ำ (10 ต้นต่อซ้ำ) โดยจัดเรียงพืชทดลองในสภาพแปลงเปิดกำหนดให้พืชทดลองได้รับแสงไฟจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ขนาด 100 W คั่นใน ช่วงเวลากลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 23.00 – 01.00 นาฬิกา (เพิ่มจากแสงอาทิตย์ที่พืชได้รับในช่วงเวลากลางวัน) กำหนดการให้แสงเพิ่มโดยติดตั้งหลอดอินแคนเดสเซนต์ขนาด 100 W จำนวน 4 หลอดต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร แต่ละหลอดติดตั้งสูงจากพื้น 1.5 เมตร เริ่มต้นให้แสงเพิ่มเมื่อพืชทดลองมีอายุ 3 สัปดาห์หลังย้ายปลูกต่อเนื่องไปจนกระทั่งพืชทดลองมีการพัฒนาของช่อดอกโดยสมบูรณ์ (ดอกจริงเริ่มบาน) ร่วมกับการให้พาโคลบิวทราโซล 15 % ที่ความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ คือ 0 (ชุดควบคุม), 200, 400, 600 และ 800 mg/L โดยวิธีผสมน้ำราดโคนต้น (ปริมาตร 200 มิลลิลิตร/ต้น) เมื่อพืชอายุ 3 สัปดาห์หลังย้ายปลูก

3. วิธีวิเคราะห์ค่าสังเกตสารประกอบทางเคมีในปทุมมาเมื่อพืชมีอายุ 90 วันหลังย้ายปลูก ดังรายละเอียดต่อไปนี้ 1) วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (Leaf) ปทุมมา เริ่มจากนำไปปทุมมาสดมาสกัดคลอโรฟิลล์ด้วยเมทานอล 50% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บรรจุในขวดแก้ว (เก็บในที่มืดนาน 24 ชั่วโมง) กรองเพื่อแยกสาร ละลายคลอโรฟิลล์ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 จากนั้น ดูดสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 2 มิลลิเมตร นำไป Centrifuge ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer รุ่น V-325-XS ที่ค่าดูดกลืนแสง 665 และ 625 นาโนเมตร คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และ บี ตามวิธีของ Madison and Anderson⁸ 2) วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) ตามวิธีของ Smith *et al.*⁹ เริ่มจากนำส่วน

ต่าง ๆ ของพืชทดลอง ได้แก่ เหง้า (Rhizome) ลำต้นเทียม (Pseudostem) ใบ ก้านช่อดอก (Peduncle) และช่อดอก (Inflorescence) มาล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น ผึ่งให้แห้งแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน นาน 72 ชั่วโมง บดตัวอย่างให้ละเอียดตัวอย่างละ 0.2 กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 0.2 N 40 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้เป็นกลาง (pH 7) และเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ดูดสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Nelson's alkaline copper reagent หลอดละ 1 มิลลิลิตร เขย่าหลอดให้สารละลายเข้ากัน ปิดหลอดทดลองด้วยแผ่นอะลูมิเนียม นำไปวางในน้ำเดือดนาน 20 นาที ยกหลอดทดลองขึ้นทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำสารละลายไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer รุ่น V-325-XS ที่ค่าดูดกลืนแสง 540 นาโนเมตร คำนวณค่า Absorbance ของตัวอย่างเปรียบเทียบกับค่าที่ปรากฏในกราฟมาตรฐานกลูโคส (D-glucose standard curve) และ 3) วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบประดับส่วนบนของช่อดอกปทุมมา ตามวิธีของ Giusti and Wrolstad¹⁰ เริ่มต้นจากนำกลีบประดับส่วนบน (Coma bract) ของช่อดอกปทุมมา 2 กรัม (น้ำหนักสด) มาสกัดแอนโทไซยานินด้วยเมทานอล 50 % ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ดูดสารละลายที่กรองแล้ว 0.4 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Potassium chloride 0.025 M buffer pH 1 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร นำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 5000 rpm. ต่อมาที่ นาน 10 นาที วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer รุ่น V-325-XS ที่ค่าดูดกลืนแสง 515 และ 700 นาโนเมตร คำนวณเปรียบเทียบค่า Absorbance ของตัวอย่างตามสูตรสมการ Total monomeric anthocyanin pigment

4. วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ ใช้โปรแกรม Statistix version 8 เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ของข้อมูลด้วย LSD

ผลการศึกษา

การให้แสงต้นในช่วงกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมงเพิ่มเติมจากแสงอาทิตย์ที่พืชได้รับในเวลากลางวัน ร่วมกับการให้พาโคลบิวทราโซล 15 % ความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ แก่ปทุมมา

พันธุ์ Kimono Pink ที่เพาะปลูกนอกฤดูในสภาพแปลงเปิดรุ่นที่ 1 (กันยายน – ธันวาคม 2558) ส่งผลให้พืชที่ได้รับแสงต้นในช่วงกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ร่วมกับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 600 mg/L มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเฉลี่ยสูงสุด ($70.56 \text{ mg g}^{-1} \text{ dry weight}$) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในเหง้า ลำต้นเทียม ก้านช่อดอก และช่อดอกสูงที่สุดเฉลี่ย 44.83, 44.54, 24.37 และ $22.25 \text{ mg g}^{-1} \text{ dry weight}$ ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่พืชได้รับแสงรูปแบบเดียว กันและได้รับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 400 mg/L ทั้งนี้ส่วนใบของปทุมมามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี ด้านผลวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบประดับ ส่วนบนของช่อดอกปทุมมาที่ได้รับแสงต้นในช่วงกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ร่วมกับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 600 mg/L มีปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบประดับส่วนบนของช่อดอกสูงที่สุดเฉลี่ย $16.27 \text{ mg /100 g fresh weight}$ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่พืชได้รับแสงรูปแบบเดียวกันร่วมกับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 400, 800, 200 และ 0 mg/L โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินเฉลี่ย 14.00, 13.54, 13.32 และ $11.57 \text{ mg /100 g fresh weight}$ ตามลำดับ ทั้งนี้กรรมวิธีที่พืชได้รับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 800, 400 และ 200 mg/L มีปริมาณแอนโทไซยานินในช่อดอกไม่ต่างกัน แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (Table 1)

การให้แสงต้นในช่วงกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมงเพิ่มเติมจากแสงอาทิตย์ที่พืชได้รับในเวลากลางวัน ร่วมกับการให้พาโคลบิวทราโซล 15 % ความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ แก่ปทุมมาพันธุ์ Kimono Pink ที่เพาะปลูกนอกฤดูในสภาพแปลงเปิดรุ่นที่ 2 (ตุลาคม 2558 – กุมภาพันธ์ 2559) ส่งผลให้พืชมีปริมาณสาร ประกอบทางเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกันกับพืชที่เพาะปลูกรุ่นที่ 1 กล่าวคือ ปทุมมาที่ได้รับแสงต้นในช่วงกลางคืนแบบ ต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ร่วมกับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 600 mg/L มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงที่สุดเฉลี่ย $68.43 \text{ mg g}^{-1} \text{ dry weight}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่พืชได้รับแสงในรูปแบบเดียวกันและได้รับ พาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 400, 200, 800 และ 0 mg/L โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเฉลี่ย 66.60, 66.54, 64.28 และ $64.16 \text{ mg g}^{-1} \text{ dry weight}$ ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชที่ได้รับแสงรูปแบบเดียวกันและได้รับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 800 และ 0 mg/L ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านผลวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่

โครงสร้างในส่วนเหง้าและลำต้นเทียมของปทุมมาพันธุ์ Kimono Pink ที่ได้รับแสงคั่นในช่วงกลางคืนแบบต่อเนื่อง 2 ชั่วโมง ร่วมกับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 600 mg/L พบว่ามีค่าสูงสุด (43.71 และ 43.87 mg g⁻¹ dry weight) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปทุมมาที่ได้รับแสงรูปแบบเดียวกันร่วมกับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 400 mg/L (43.49 และ 43.58 mg g⁻¹ dry weight) อย่างไรก็ตาม ส่วนใบของปทุมมามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี เช่นเดียวกันกับพืชที่ปลูกในรุ่นที่ 1 ทั้งนี้ปทุมมาที่ได้รับแสงคั่นในช่วงกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมงร่วมกับ

พาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 600 mg/L มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในก้านช่อดอกและช่อดอกสูงสุดเฉลี่ย 23.80 และ 22.32 mg g⁻¹ dry weight แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธี เช่นเดียวกันกับผลวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในเกลีบประดับส่วนบนของช่อดอกปทุมมาที่ได้รับแสงคั่นในช่วงกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมงร่วมกับพาโคลบิวทราโซลเข้มข้น 600 mg/L มีค่าสูงสุดเฉลี่ย 15.29 mg/100 g fresh weight แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น (Table 2)

Table 1 Effect of night-break and paclobutrazol on contents of chlorophyll, total non-structural carbohydrates (TNC) and anthocyanin in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. 'Kimono Pink' grown off-season (September – November 2015)

Treatment	Chlorophyll content in leaf (mg g ⁻¹ dry weight)	TNC content (mg g ⁻¹ dry weight)					Anthocyanin content in coma bract (mg/100 g fresh weight)
		Rhizome	Pseudo-stem	Leaf	Peduncle	Inflorescence	
Night break + paclobutrazol							
2 hr. Night break + 0 ppm. (control)	63.08d	39.43c	39.12c	11.07	19.67c	19.84c	11.57c
2 hr. Night break + 200 ppm.	66.18c	42.78b	42.63b	11.63	23.25bc	20.61b	13.32b
2 hr. Night break + 400 ppm.	69.75b	44.06a	44.38a	11.50	24.69a	22.07a	14.00b
2 hr. Night break + 600 ppm.	70.56a	44.83a	44.54a	11.28	24.37a	22.25a	16.27a
2 hr. Night break + 800 ppm.	64.31d	42.98b	41.98c	11.37	19.46c	20.06bc	13.54b
F-test	**	**	**	ns	**	**	**
CV %	8.73	4.87	6.88	10.53	6.70	7.06	9.08

ns = non-significant difference, ** highly significantly difference

Means value in the same column with different letters were significantly different (p≤0.05)

Table 2 Effect of night-break and paclobutrazol on contents of total non-structural carbohydrates and anthocyanin in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. 'Kimono Pink' grown off-season (November 2015 – February 2016)

Treatment	Chlorophyll content in leaf (mg g ⁻¹ dry weight)	TNC content (mg g ⁻¹ dry weight)					Anthocyanin content in coma bract (mg/100 g fresh weight)
		Rhizome	Pseudo-stem	Leaf	Peduncle	Inflorescence	
Night break + paclobutrazol							
2 hr. Night break + 0 ppm. (control)	64.16c	38.23c	38.32c	11.77	18.62c	18.44b	10.32c
2 hr. Night break + 200 ppm.	66.54b	40.46b	40.41b	10.93	20.15bc	21.67a	13.19b
2 hr. Night break + 400 ppm.	66.60b	43.49a	43.58a	11.10	21.67b	20.04b	13.98ab
2 hr. Night break + 600 ppm.	68.43a	43.71a	43.87a	11.28	23.80a	22.32a	15.29a
2 hr. Night break + 800 ppm.	64.28c	39.68c	38.58c	11.87	18.96c	18.33c	13.30b
F-test	**	**	**	ns	**	**	**
CV %	7.39	6.07	7.35	10.53	5.10	8.04	10.17

ns = non-significant difference, ** highly significant difference

Means value in the same column with different letters were significantly different (p≤0.05)

อภิปรายและสรุปผล

ความพยายามพัฒนาแนวทางผลิตช่อดอกปทุมมา ออกฤดูโดยเฉพะอย่างยิ่งการวางแผนเพาะปลูกพืชให้ปรากฏช่อดอกสำหรับจำหน่ายในช่วงเทศกาลสำคัญ ถือเป็นช่องทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าและสร้างโอกาสแข่งขันด้านการตลาดแก่เกษตรกร การศึกษานี้วางแผนเพาะปลูกปทุมมาออกฤดูในสภาพแปลงเปิด 2 รุ่น โดยกำหนดให้พืชทดสอบในรุ่นที่ 1 (ปลูกสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนกันยายน) ปรากฏช่อดอกช่วงปลายเดือนธันวาคมถึงต้นเดือนมกราคมซึ่งตรงกับเทศกาลสงกรานต์ปีเก่าต้อนรับปีใหม่ และปลูกพืชทดสอบรุ่นที่ 2 ในสัปดาห์แรกของเดือนพฤศจิกายน เพื่อให้พืชปรากฏช่อดอกในช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งตรงกับเทศกาลแสดงความรัก (Valentine) สอดคล้องกับตลาดไม้ดอกไม้ที่ต้องการปทุมมาออกฤดูเพื่อจำหน่ายในรูปแบบไม้กระถางสำหรับใช้จัดสวนตกแต่งสถานที่และจำหน่ายในรูปแบบไม้ตัดดอกสำหรับมอบเป็นของขวัญหรือของที่ระลึกในราคาที่สูงกว่าผลผลิตที่ออกในช่วงฤดูเพาะปลูกปกติ¹¹ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการให้แสงต้นกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ร่วมกับพาคโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 600 mg/L สามารถส่งเสริมให้ปทุมมาพันธุ์ Kimono Pink ที่ปลูกออกฤดูมีปริมาณสารประกอบทางเคมีซึ่งเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการสร้างและการสะสมอาหารในพืชได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบกับรายงานข้อมูลกายภาพด้านการเจริญเติบโตและการพัฒนาของช่อดอกปทุมมาที่พืชที่ได้รับแสงต้นกลางคืนเพียงอย่างเดียวหรือการที่พืชได้รับแสงต้นกลางคืนร่วมกับการให้พาคโคลบิวทราโซลในอัตราที่ต่ำหรือสูงเกินไป⁷ กล่าวคือ ปทุมมาที่เพาะปลูกออกฤดูได้การเพิ่มแสงต้นช่วงกลางคืนแบบต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ร่วมกับพาคโคลบิวทราโซล 600 mg/L มีความสูงต้น มีการเกิดหน่อใหม่ และมีจำนวนใบมากที่สุด รวมทั้งมีคุณภาพของช่อดอกที่ดีที่สุด สอดคล้องกับผลทดสอบพาคโคลบิวทราโซลกับเบญจมาศตัดดอกที่เพาะปลูกภายใต้สภาวะการให้แสงต้นกลางคืนของ Burrows *et al.*¹² ซึ่งพบว่าใบพืชที่ได้รับพาคโคลบิวทราโซลมีความหนาเพิ่มขึ้นและใบมีสีเขียวเข้มกว่าพืชที่ไม่ได้รับสาร เนื่องจากพาคโคลบิวทราโซลมีคุณสมบัติส่งเสริมการเพิ่มความหนาของชั้นเซลล์ palisade mesophyll ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างใบพืช การที่ใบพืชมีสีเขียวเข้มบ่งชี้ถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารสะสมในพืชสูง อย่างไรก็ตามพืชที่ได้รับพาคโคลบิวทราโซลความเข้มข้นสูงจะแสดงอาการแคแสดของลำต้นและมีระบบรากสั้น¹³ เนื่องจากคุณสมบัติด้านหนึ่งของพาคโคลบิวทราโซลคือควบคุมการเจริญเติบโตของพืช แม้ว่าผลวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในส่วนต่าง ๆ ของปทุมมาพันธุ์

Kimono Pink ปลูกออกฤดูรุ่นที่ 1 ภายใต้อิทธิพลการให้แสงต้นกลางคืนแบบ ต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ร่วมกับพาคโคลบิวทราโซลเข้มข้น 400 และ 600 mg/L ไม่มีความต่างกัน แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปทุมมาปลูกในรุ่นที่ 2 ซึ่งให้เห็นว่าการที่พืชได้รับพาคโคลบิวทราโซลความเข้มข้นเหมาะสม สามารถปรับตัวกับสภาพแห้งและอุณหภูมิที่สูงระหว่างช่วงรอย ต่อปลายฤดูหนาวและต้นฤดูแล้งได้ดี¹⁴ สอดคล้องกับผลทดสอบการใช้พาคโคลบิวทราโซลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสะสมคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลบางชนิดกับมะม่วงในระยะพัฒนา การของ Upreti *et al.*¹⁵ ซึ่งพบว่า พาคโคลบิวทราโซลสามารถชักนำให้พืชเกิดการสะสมคาร์โบไฮเดรตในส่วนใบและสะสมน้ำตาลในกลุ่มซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสในส่วนตาดอกของพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เห็นได้ว่าผลวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีในส่วนต่าง ๆ ของปทุมมาที่เพาะปลูกออกฤดูในสภาพแปลงเปิดซึ่งได้รับแสงต้นกลางคืนและพาคโคลบิวทราโซลจากการศึกษานี้มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกับข้อมูลด้านกายภาพของพืช ข้อมูลทั้งสองส่วนถือเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับงานวิจัยเพื่อต่อยอดการพัฒนาารูปแบบการเพาะปลูกปทุมมาออกฤดูต้นทุนต่ำในสภาพแปลงเปิดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงทดลองและเครื่องมือวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

1. Roh M., Lawsan R., Lee J.S., Suh J.K., Cilley R.A. and Apavatjirut P. Evaluation of *Curcuma* as Potted Plant and Cut Flower. HortScience. 2005, 40 (4): 1012-1013.
2. Prabhakarn Nair K.P. The Ornamental *Curcuma*. In: The Agronomy and Economy of Turmeric and Ginger, The Invaluable Medicinal Spice Crops. Elsevier 2013: 205-215.
3. ไสริยา ร่วมรังสี. การพัฒนาไม้ดอกของไทยสู่การแข่งขันในตลาดอาเซียน. แก่นเกษตร. 2556, 41 (3): 209-212.
4. อนงค์ พยัคฆ์พหล. ศึกษาผลการสภาพวันยาวต่อการออกดอกออกฤดูของปทุมมา. วิทยานพินธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 2549.
5. สรวุฒิ ปานทน วุฒิพล จันทรสระภู นาวิ จีระชีวี วันชัย คุปวานิชพงษ์ สนอง อมฤกษ์ อรรถนพ รุ่งณรงค์ และ

- รณรงค์ คนชม. การพัฒนาและทดสอบโรงเรือนสำหรับผลิตปทุมมานอกฤดู. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. จังหวัดเชียงใหม่ 4-5 เมษายน 2555: 811-818.
6. พัชรี สิริตระกูลศักดิ์ สาวิตร มีจ้อย และโสธยา ร่วมรังสี. อิทธิพลของการเพิ่มแสงไฟคั่นช่วงกลางคืนต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของปทุมมา. วารสารเกษตร. 2553. 26 (2): 127-135.
 7. บุษยมาศ ผุยมูลตรี เกรียงศักดิ์ บุญเที่ยง ประสิทธิ์ ชูติชูเดช และเบญจวรรณ ชูติชูเดช. อิทธิพลของการให้แสงคั่นช่วงกลางคืนและพาโคลบิวทราโซลต่อการเกิดช่อดอกนอกฤดูในปทุมมา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2555. 31(6): 747-756.
 8. Madison J.H. and Anderson A.H. A chlorophyll index to measure turfgrass response. *Agronomy*. 1963. 55: 461-464.
 9. Smith D.G., Paulsan M. and Raguse C.A. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissue. *J. Plant Physiol*. 1964, 36: 960-962.
 10. Giusti M.M. and R.E. Wrolstad. Characterization and Measurement of Antocyanins by UV-visible spectroscopy. In R.E. Wrolstad, Acree T.E., Decker E.A., Penner M.H., Reid D.S., Schwartz S.J., Shoemaker C.F., Smith D. and P. Sporns (Eds). *Handbook of Food Analytical Chemistry*. Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey. 2005: 19-31.
 11. นภาพรณี พรหมชนะ. การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตและการตลาดไม้ดอกเขตร้อน : กรณีศึกษาปทุมมา. วารสารเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2542, 6(1): 29-35.
 12. Burrows G. E., Boag T. S. and W. P. Stewart. Changes in leaf, stem, and root anatomy of *Chrysanthemum* cv. Lillian Hoek following paclobutrazol application. *Journal of Plant Growth Regulation*. 1992, 11:189-194.
 13. Koutroubas S.D. and C.A. Sunflower response to repeated foliar application of paclobutrazol. *Planta daninha*. 2015 ,33 (1): 129-135.
 14. Jungklang J. and K. Saengnil. Effect of paclobutrazol on patumma cv. Chiangmai Pink under water stress. *Sonklanakarin J. Sci. Technol.*, 34 (4): 361-366.
 15. Upreti K. K., Shivu Prasad S. R., Reddy Y. T. N. and A. N. Rajeshwara. Paclobutrazol induced changes in carbohydrates and some associated enzymes during floral initiation in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Totapuri. *Indian Journal of Plant Physiology*. 2014, 19 (4): 317–323.