

# ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการเติบโตทางกิ่งใบของมะเกี๋ยง

## Effect of Paclobutrazol on Vegetative Growth of *Cleistocalyx nervosum* var. *paniala*

ธัญวรรตน์ วงเวียน<sup>1/</sup> และ ดรุณี นภาพรม<sup>1/\*</sup>  
Thunwarut Wongwian<sup>1/</sup> and Daruni Naphrom<sup>1/\*</sup>

<sup>1/</sup>ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

<sup>1/</sup>Department of Plant Science and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

\*Corresponding author: Email: daruni.n@cmu.ac.th

(Received: 11 February 2016; Accepted: 15 August 2016)

**Abstract:** Makiang (*Cleistocalyx nervosum* var. *paniala*) is a local fruit tree grown widely in northern Thailand. Fresh fruit can be processed to many products. In addition, it contains antioxidant agents which can be utilized in medicinal purpose. However, commercial cultivation of Makiang's orchard was rarely found. Naturally, Makiang trees grow from seeds and they grow vigorously to very high trunk. Therefore, it is difficult to harvest. This research aimed to study the effect of paclobutrazol (Pbz) on vegetative growth of Makiang tree. Experiment was carried out at Mae Hia Agricultural Research, Demonstrative, and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. Three years old grafted Makiang trees were selected uniformly. The experimental design was completely randomized design (CRD) with 5 replications and 4 Pbz soil drenching treatments; 0 (control), 1.5, 2.5, and 3.5 g a.i. per tree. The results showed that the Pbz treatments significantly reduced vegetative growth. The 3.5 g a.i. treatment reduced canopy height approximately 30 percentage as compared to control. Increasing in Pbz concentrations tended to have stronger effect on the reduction of canopy height, shoot length, internode length, and leaf size. Furthermore, total chlorophyll contents in leaves tended to increase as compared to control. In conclusion Pbz could control vegetative growth in Makiang tree by reducing plant height. It can help cultural practice and harvesting more convenient and fruit qualities should be developed commercially further.

**Keywords:** Growth retardants, gibberellin biosynthesis inhibitor, cell elongation

**บทคัดย่อ:** มะเกี๋ยง (*Cleistocalyx nervosum* var. *paniala*) เป็นไม้ผลพื้นเมืองที่เจริญเติบโตและพบมากในภาคเหนือของประเทศไทย ผลของมะเกี๋ยงสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เนื้อผลมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ แต่ในปัจจุบันการปลูกมะเกี๋ยงเชิงการค้ายังมีไม่มากนัก เนื่องจากต้นมะเกี๋ยงส่วนใหญ่ปลูกจากเมล็ด มีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบดี ลำต้นสูง ยากต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิต งานวิจัยนี้จึงทำเพื่อศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตทางกิ่งใบของต้นมะเกี๋ยง โดยเลือกต้นมะเกี๋ยงที่มีการเสียบยอดขนาดต้นสม่ำเสมอ อายุ 3 ปี ในแปลงปลูก ณ ศูนย์วิจัย สาคิต และฝักอบรมการเกษตร แม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ได้แก่ การราดพาโคลบิวทราโซลทางดิน อัตรา 0 (กรรมวิธีควบคุม), 1.50, 2.50, และ 3.50 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อต้น ผลการทดลองพบว่าสารพาโคลบิวทราโซลทุกอัตรา ทำให้การเจริญเติบโตทางกิ่งใบของต้นมะเกี๋ยงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารพาโคลบิวทราโซลอัตราสูงสุด คือ 3.50 กรัมของสารออกฤทธิ์ ทำให้ความสูงของต้นมะเกี๋ยงลดลงได้ประมาณร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แต่ไม่ต่างจากการให้สารพาโคลบิวทราโซลอัตราอื่น ทั้งนี้ยังมีแนวโน้มทำให้ความยาวยอดใหม่ ความยาวปล้องและขนาดใบลดลงตามความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังการราดสารพาโคลบิวทราโซล แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ดังนั้นการใช้สารพาโคลบิวทราโซลสามารถควบคุมการเจริญเติบโตทางกิ่งใบของต้นมะเกี๋ยงและลดความสูงต้น ช่วยให้เกิดความสะดวกในการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพของมะเกี๋ยงเชิงการค้าต่อไป

**คำสำคัญ:** สารชะลอการเจริญเติบโต ตัวยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน การยืดยาวของเซลล์

## คำนำ

มะเกี๋ยงเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Myrtaceae พบมากในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง และน่าน ผลสุกสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น นำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม โยเกิร์ตมะเกี๋ยง ไลน์มะเกี๋ยง และชามะเกี๋ยงเป็นต้น (สถาบันวิจัยและฝักอบรมการเกษตร ลำปาง, 2544) ทั้งนี้มะเกี๋ยงยังมีประโยชน์ทางการแพทย์บางประการ พบว่าในผลสุกของมีสารสี (pigment) ในกลุ่มแอนโทไซยานิน ซึ่งจัดว่าเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด (เฉลิม และคณะ, 2551) สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้ (Taya et al., 2009) จะเห็นได้ว่ามะเกี๋ยงเป็นพืชที่น่าจะสามารถยกระดับให้มีความสำคัญเชิงเศรษฐกิจ แต่เนื่องจากการปลูกมะเกี๋ยงเชิงการค้ายังมีไม่มากนัก เพราะในสภาพธรรมชาติ ต้นมะเกี๋ยงมีลำต้นสูง ผลสุกไม่พร้อมกัน การเก็บเกี่ยวจึงใช้วิธีเขย่าต้นให้ผลสุกร่วงลงบนตาข่ายที่ซึ่งรองรับได้ทรงพุ่ม ทำให้ผลผลิตเสียหายมีคุณภาพต่ำ (สถาบันวิจัยและฝักอบรมการเกษตรลำปาง, 2544)

สำหรับการควบคุมทรงพุ่มในไม้ผลมักจะใช้วิธีการตัดแต่งกิ่ง เพื่อลดความสูงของต้นให้สะดวกต่อการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยว ซึ่งการตัดแต่งกิ่งต้องใช้แรงงานจำนวนมาก และแรงงานต้องมีความชำนาญสูง เพื่อไม่ทำให้ต้นเกิดความเสียหาย จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงตามไปด้วย (เฉลิมชัย และคณะ, 2553) สำหรับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่นิยมนำมาใช้ด้านการเกษตร เนื่องจากเป็นสารที่ค่อนข้างปลอดภัย และไม่ทำลายสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์ สามารถเคลื่อนย้ายได้ดีในท่อลำเลียงน้ำ พืชจึงดูดซับได้ดีเมื่อให้บริเวณราก แล้วส่งผ่านทางท่อน้ำขึ้นไปยังส่วนอื่นๆ ของต้น คุณสมบัติของสารในกลุ่มนี้ คือจะเข้าไปยับยั้งการสร้างหรือการทำงานของจิบเบอเรลลินชั่วคราว ซึ่งบทบาทสำคัญของจิบเบอเรลลินจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ มีผลต่อการยืดยาวของเซลล์ (cell elongation) เมื่อพืชไม่สามารถสร้างจิบเบอเรลลินได้ตามปกติจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบลดลง ทั้งนี้ยังส่งผลต่อฮอร์โมนพืชในกลุ่มกระตุ้นการเจริญเติบโตอื่นๆ เช่น ออกซิน และไซโทไคนินอีกด้วย (พีรเดช, 2537)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตทางกิ่งใบของต้นมะเกี๋ยง เพื่อเป็นแนวทางในการลดความสูงต้นให้เกิดความสะดวกในการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยว เพื่อการผลิตมะเกี๋ยงเชิงการค้าต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ต้นมะเกี๋ยงที่ใช้ในการทดลอง ปลูกจากต้นกล้าอายุ 12 เดือน ที่ได้มาจากการเพาะเมล็ด ซึ่งปลูกในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 และเปลี่ยนยอดเป็นมะเกี๋ยงพันธุ์ Rit. ต.4054 ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 ระยะปลูก 4 x 4 เมตร โนแปลงทดลองขนาด 3 ไร่ ของศูนย์วิจัย สาคิต และฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เริ่มทำการทดลองในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 สุ่มคัดเลือกต้นที่แข็งแรงสม่ำเสมอในพื้นที่ 1 ไร่ จำนวน 20 ต้น ตัดแต่งทรงพุ่มให้มีความกว้างประมาณ 1.5 เมตร ความสูงประมาณ 2.5 เมตร วางแผนการทดลองแบบ สุ่ม สมบูรณ์ (completely randomized design) จำนวน 5 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ได้แก่ ราดพาโคลบิวทราโซลทางดินในอัตรา 0 (กรรมวิธีควบคุม), 1.50, 2.50, และ 3.50 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อต้น บันทึกความสูงต้น โดยวัดจากตำแหน่งของสัญลักษณ์ความสูงที่วัดจากโคนต้นขึ้นมา 5 เซนติเมตร จนถึงจุดที่สูงที่สุดของปลายยอด ทุก ๆ 2 เดือน จำนวน 4 ครั้ง และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ โดยใช้ใบคู่ที่ 3 ซึ่งเป็นใบที่เจริญเต็มที่ที่อ่อนที่สุดของกิ่งที่สุ่มคัดเลือกในวันที่วัดความสูงด้วย และสุ่มกิ่งที่แตกใหม่หลังจากการราดพาโคลบิวทราโซลจำนวนต้นละ 10 กิ่ง เพื่อใช้ในการบันทึกการเจริญเติบโตทางกิ่งและใบตลอดการทดลอง ทุกเดือนเป็นเวลา 8 เดือน ได้แก่ ความยาวยอดใหม่ ความยาวปล้อง ความยาวก้านใบ ความกว้างและความยาวใบ (ข้อมูลใบบันทึกเป็นระยะเวลา 4 เดือน เนื่องจากใบที่ถูกสุ่มบันทึกข้อมูลหยุดการเจริญเติบโตและเข้าสู่วัยชรา)

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

#### 1. ความสูงต้น ความยาวยอดใหม่ และความยาวปล้อง

ผลการศึกษาพบว่าสารพาโคลบิวทราโซลทุกอัตรา สามารถชะลอการเจริญเติบโตของต้นมะเกี๋ยงโดยลดความสูงต้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับต้นในกรรมวิธีควบคุม (ภาพที่ 1) ซึ่งหลังการราดสารพาโคลบิวทราโซล 8 เดือน ต้นมะเกี๋ยงที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 3.50, 2.50 และ 1.50 กรัมของสารออกฤทธิ์มีความสูงต้น 3.72, 4.13 และ 4.25 เมตร ตามลำดับ ลดลงร้อยละ 30.07, 22.36 และ 20.11 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับต้นในกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีความสูง 5.32 เมตร เช่นเดียวกับการทดลองในแอปริคอต ที่พบว่าการราดสารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 0.5 และ 2.0 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อต้น สามารถลดการเจริญเติบโตทางกิ่งใบของต้นแอปริคอตได้ (Arzani and Roosta, 2004) ในไม้ผลเขตร้อน Medina - Urrutia (1995) พบว่าการราดสารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 10 มิลลิลิตรของสารออกฤทธิ์ให้กับมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins อายุ 5 ปี ที่ปลูกในระยะ 4 x 4 เมตร สามารถลดความสูงของทรงพุ่มได้ร้อยละ 30 - 40 และการทดลองในมะม่วงพันธุ์ BARI Aam-3 ซึ่งพบว่าการราดสารพาโคลบิวทราโซล 7,500 และ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการลดการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ ทำให้ความยาวยอด จำนวนใบ และพื้นที่ใบลดลงเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Saker and Rahim, 2012) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาในมะละกอพันธุ์ Sunrise โดยให้สารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีความสูงต้น 3.14 เมตร ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีความสูง 3.50 เมตร (Rodrigue *et al.*, 1995) สอดคล้องกับงานวิจัยของกวีศรี และคณะ (2553) ที่รายงานว่าต้นมะละกอที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีความสูงต้นน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมตลอดการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตที่มีมนุษย์สังเคราะห์ขึ้น คุณสมบัติสำคัญของสารกลุ่มนี้คือ ยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินชั่วคราว ทำให้การเจริญเติบโตของพืชเกิดขึ้นช้า ๆ (พีรเดช, 2537; สมบุญ, 2544)

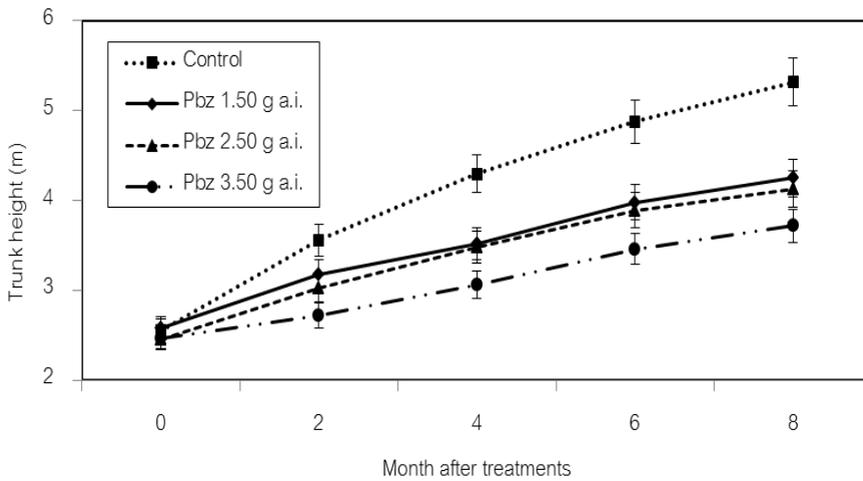


Figure 1 Changes of Makiang trunk height after paclobutrazol treatments

ต้นมะเขือเทศที่ได้รับการรดพาคโบลิวทราโซลทุกอัตรา มีความยาวของยอดใหม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยแสดงความแตกต่างภายหลังการรดสารพาคโบลิวทราโซล 2 เดือน (ภาพที่ 2) เมื่อสิ้นสุดการบันทึกการเจริญเติบโตในเดือนที่ 8 พบว่าต้นมะเขือเทศที่ได้รับสารพาคโบลิวทราโซลทุกอัตรา มีความยาวยอดใหม่ 17.03 - 20.09 เซนติเมตร ซึ่งความยาวยอดใหม่ลดลงร้อยละ 45.79 - 54.05 ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความยาวยอด 37.06 เซนติเมตร

เนื่องจากสารพาคโบลิวทราโซลเข้าไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ cytochrome P450-dependent monooxygenase โดยยับยั้งกระบวนการออกซิเดชันในกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ไม่ให้ ent-Kaurene เปลี่ยนไปเป็น ent-Kaurenoic acid (Rademacher, 2000) การแบ่งเซลล์บริเวณใต้ปลายยอดจึงลดลง มีผลทำให้การยืดยาวของยอดและความสูงของต้นพืชลดลง (สมพร, 2549) เช่นเดียวกับต้นมะม่วงพันธุ์คาราบาว ที่ได้รับสารพาคโบลิวทราโซล 1.5 กรัมของสารออกฤทธิ์ พบว่ามีความยาวยอดสั้นกว่ากรรมวิธีควบคุมร้อยละ 32 (Calixto *et al.*, 2000) สำหรับอะโวคาโดพันธุ์ Fuerte พบว่าความยาวยอดลดลงประมาณร้อยละ 30 ภายหลังการรดสารพาคโบลิวทราโซล (2% Cultar<sup>®</sup>) (Adato, 1990) กฤษณา และลพ (2554) รายงานว่าการให้สารพาคโบลิวทราโซลทำให้ส้มโอฟันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้ง มีความยาว

ยอดน้อยกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้มีการทดลองเปรียบเทียบสารยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน 2 ชนิด ได้แก่ สารพาคโบลิวทราโซล และ prohexadione-Ca ต่อการเจริญเติบโตทางกิ่งใบของท้อพันธุ์ Blanquilla พบว่าสารพาคโบลิวทราโซลมีประสิทธิภาพในการลดการเจริญเติบโตทางกิ่งใบมากกว่า โดยให้ความยาวยอดใหม่สั้นกว่า (Asin *et al.*, 2007)

ทั้งนี้ยังพบว่าสารพาคโบลิวทราโซลมีผลในการลดความยาวปล้องของยอดใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังการรดสารพาคโบลิวทราโซล 2 เดือน (ตารางที่ 1) ซึ่ง ภายหลังการรดสารพาคโบลิวทราโซล 4 เดือน พบว่าสารพาคโบลิวทราโซลอัตรา 3.50, 2.50 และ 1.50 กรัมของสารออกฤทธิ์ ทำให้ต้นมะเขือเทศมีความยาวปล้อง 2.53, 2.65 และ 2.80 เซนติเมตร ซึ่งความยาวปล้องลดลงร้อยละ 50.97, 48.64 และ 45.70 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ที่มีความยาวปล้อง 5.16 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างการรดสารพาคโบลิวทราโซลทั้ง 3 อัตรา เนื่องจากสารพาคโบลิวทราโซลมีผลในการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน ทำให้ปริมาณจิบเบอเรลลินในพืชน้อย บทบาทของจิบเบอเรลลินในต้นพืชจึงลดลง ทำให้ความยาวปล้องสั้นลง ส่งผลให้ความยาวยอดและความสูงของต้นพืชลดลงไปด้วย (สมบุญ, 2548) มีการศึกษาในสตรอว์เบอร์รี พบว่าสารพาคโบลิวทราโซล 90 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลด

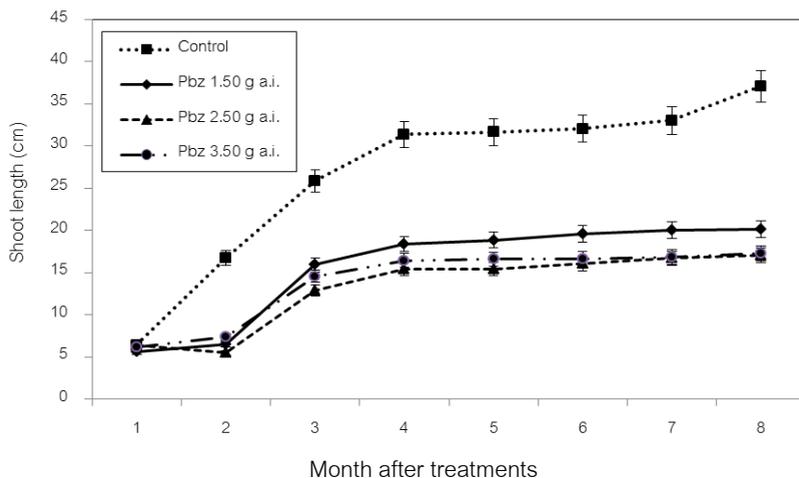


Figure 2 Shoots length of Makiang after paclobutrazol treatments

Table 1 Effect of paclobutrazol on internode length of Makiang shoots

Treatments	Internode length (cm) in each month after treatments			
	1	2	3	4
Control	1.86	3.92 a <sup>1/</sup>	4.31 a	5.16 a
Paclobutrazol 1.50 g a.i.	1.80	2.32 b	2.63 b	2.80 ab
Paclobutrazol 2.50 g a.i.	1.41	2.33 b	2.48 b	2.65 ab
Paclobutrazol 3.50 g a.i.	1.44	2.28 b	2.39 b	2.53 b
F-test	ns	*	*	*
LSD <sub>0.05</sub>	1.41	0.86	0.82	0.63

<sup>1/</sup>Means in a column followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by LSD,

ns = not significantly different

ความยาวปล้องของสตรอว์เบอร์รี่ ให้เหลือ 6.0 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นที่ไม่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีความยาวปล้อง 8.6 เซนติเมตร (Lolaei *et al.*, 2012)

## 2. ความยาวก้านใบและขนาดของใบ

การศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อความยาวก้านใบ พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลมีผลในการลดความยาวก้านใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่เดือนที่ 2 หลังการราดสารพาโคลบิวทราโซล เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 2) ซึ่งในเดือนที่ 4 หลังการราดสารพาโคลบิวทราโซล พบว่าต้นมะเขี๋ยงที่ได้รับการราดสารพาโคลบิวทราโซลทุกอัตรา มีความยาวก้านใบ 1.78-1.88 เซนติเมตร ซึ่งความยาวก้านใบลดลงประมาณร้อยละ

30.88-34.56 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ที่มีความยาวก้านใบ 2.72 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างการราดสารพาโคลบิวทราโซลทั้ง 3 อัตรา เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืช มีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์บริเวณใต้ปลายยอด ทำให้ความยาวก้านใบ รวมทั้งความยาวยอดและความยาวปล้องลดลง (สมพร, 2549) สอดคล้องกับการทดลองในต้นกล้าไม้ประดับ พบว่าการให้สารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 0, 100, 200, 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ความยาวก้านใบลดลง (นิติพัฒน์, 2557)

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงขนาดใบของต้นมะเขี๋ยงหลังการราดพาโคลบิวทราโซล พบว่าต้นมะเขี๋ยงที่ราดสารพาโคลบิวทราโซลทุกอัตรา มีความยาวใบและ

**Table 2 Effect of paclobutrazol on petiole length of Makiang leaves**

Treatments	Petiole length (cm) in each month after treatments			
	1	2	3	4
Control	0.80	2.02 a <sup>1/</sup>	2.69 a	2.72 a
Paclobutrazol 1.50 g a.i.	0.82	0.97 b	1.81 b	1.88 b
Paclobutrazol 2.50 g a.i.	0.79	0.92 b	1.57 b	1.87 b
Paclobutrazol 3.50 g a.i.	0.80	1.04 b	1.72 b	1.78 b
F-test	ns	*	*	*
LSD <sub>0.05</sub>	0.47	0.37	0.56	0.51

<sup>1/</sup>Means in a column followed by different letters are significantly different ( p<0.05) by LSD

ns = not significantly different

ความกว้างใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งแสดงความแตกต่างทางสถิติหลังการราดสารพาโคลบิวทราโซล 3 เดือน (ตารางที่ 3) เมื่อสิ้นสุดการบันทึกการเจริญเติบโตของใบในเดือนที่ 4 พบว่าการราดสารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 2.50 กรัมของสารออกฤทธิ์ ทำให้ต้นมะเขี๋ยงมีความยาวใบเท่ากับ 13.99 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าความยาวของใบจากต้นที่ราดสารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 1.50 กรัมของสารออกฤทธิ์ แต่ไม่แตกต่างจากใบของต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ 3.50 กรัมของสารออกฤทธิ์ ซึ่งการราดสารพาโคลบิวทราโซล 3.50 และ 1.50 กรัมของสารออกฤทธิ์ ทำให้ต้นมะเขี๋ยงมีความยาวใบ 14.43 และ 15.54 เซนติเมตร ซึ่งความยาวใบลดลงร้อยละ 23.49 และ 17.60 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ที่มีมีความยาวใบ 18.86 เซนติเมตร ซึ่งความยาวใบที่ลดลงดังกล่าวนี้ น่าจะเป็นผลมาจากฤทธิ์ของสารพาโคลบิวทราโซลที่ลดการยืดยาวของเซลล์ เช่นเดียวกับการทดลองของ Cohen *et al.* (2013) พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 1.50 กรัม ทำให้ความยาวใบของต้นอินทผาลัมลดลงมากกว่าร้อยละ 45 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

ในส่วนของความกว้างใบมะเขี๋ยง พบว่าหลังการราดสารพาโคลบิวทราโซล 4 เดือน สารพาโคลบิวทราโซลทุกอัตรา ทำให้ต้นมะเขี๋ยงมีความกว้างใบ 6.63-7.12 เซนติเมตร ซึ่งความกว้างใบลดลงร้อยละ 13.17-19.15 ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความกว้างใบ 8.20 เซนติเมตร (ตารางที่ 3) การที่ใบมะเขี๋ยงที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีขนาดลดลง เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซล

มีผลในการยับยั้งการแบ่งเซลล์ และการยืดยาวของเซลล์ โดยกลไกการยับยั้งยับเบอเรลลินในพืช ส่งผลให้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มที่มีหน้าที่กระตุ้นการเจริญเติบโตชนิดอื่น เช่น ออกซิน มีปริมาณลดลงด้วย ทั้งนี้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 2 ชนิด มีปฏิกริยาร่วมกันในการกระตุ้นและสร้างเนื้อเยื่อเจริญ เมื่อปริมาณยับเบอเรลลินลดลง ทำให้บทบาทของออกซิน ที่เกี่ยวกับการขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement) ลดลงด้วย (สัมฤทธิ์, 2544) เช่นเดียวกับการศึกษาในต้นเงาะ พบว่าสารพาโคลบิวทราโซล 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการลดพื้นที่ใบของต้นเงาะมากที่สุดประมาณ 30.8 ตารางเซนติเมตร ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีพื้นที่ใบ 40.31 ตารางเซนติเมตร (สมพร, 2555) และในสตรอร์วีเบอร์รี่ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าทำให้พื้นที่ใบลดลง (Abdollahi *et al.*, 2010) สอดคล้องกับการทดลองของ Lolaei *et al.* (2012) ที่พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 90 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดพื้นที่ใบของสตรอร์วีเบอร์รี่ จาก 42.04 ตารางเซนติเมตร (กรรมวิธีควบคุม) เป็น 35.90 ตารางเซนติเมตร นอกจากนี้ยังสามารถนำสารพาโคลบิวทราโซล มาใช้ในการชะลอการเจริญเติบโตของไม้ดอกไม้ประดับบางชนิดได้ เช่นในต้นดาวเรืองที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลทุกระดับความเข้มข้น สามารถลดความสูงและความกว้างทรงพุ่ม รวมทั้งพื้นที่ใบรวมของต้นดาวเรืองได้ (ภาณุพล, 2557)

### 3. ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

การศึกษารายผลของการราดพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของต้นมะเขีงพบว่าหลังการราดสารพาโคลบิวทราโซล 2 และ 4 เดือน ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของต้นมะเขีงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในเดือนที่ 2 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของต้นมะเขีงอยู่ในช่วง 61-64 ส่วนเดือนที่ 4 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของต้นมะเขีงมีปริมาณคลอโรฟิลล์อยู่ในช่วง 41-46 อย่างไรก็ตาม ปริมาณของคลอโรฟิลล์ในใบของต้นที่ราดสารพาโคลบิวทราโซลมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากสารชะลอการเจริญเติบโต มีผลต่อการเพิ่ม

ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืช โดยทำให้ขนาดใบลดลง ใบจึงมีความหนามากขึ้น ปริมาณคลอโรฟิลล์จึงสูงขึ้น (สมพร, 2549) สารพาโคลบิวทราโซลทำให้พืชสร้างเนื้อเยื่อชั้น palisade cell เพิ่มขึ้น ช่องว่างระหว่างเซลล์จึงน้อยลง ทำให้เซลล์มีการเรียงตัวกันแน่นมากขึ้น (พีรเดช, 2537) และอาจเนื่องมาจากสารพาโคลบิวทราโซลมีความสัมพันธ์กับการกระตุ้นการสังเคราะห์ไซโทไคนิน ซึ่งมีผลในการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืช (Kumar *et al.*, 2012) จึงสามารถตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ได้มากขึ้น เช่นเดียวกับในใบอะโวคาโดพันธุ์ Hass (Symons *et al.*, 1990) ใบมะเขือเทศประดับ (de Moraes *et al.*, 2005) และใบของต้นชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์ (นิติพัฒน์, 2557)

**Table 3** Effect of paclobutrazol on leaf size of Makiang

Treatments	Leaf length (cm)				Leaf width (cm)			
	Months after treatments				Months after treatments			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Control	2.87	9.11	18.01 a <sup>1/</sup>	18.86 a	1.68	3.97	8.06 a	8.20 a
Paclobutrazol 1.50 g a.i.	2.73	4.67	13.74 b	15.54 b	1.58	2.01	6.23 b	7.12 b
Paclobutrazol 2.50 g a.i.	2.89	4.46	11.78 c	13.99 c	1.41	1.88	6.04 b	6.75 b
Paclobutrazol 3.50 g a.i.	2.41	5.22	12.83 bc	14.43 bc	1.36	2.25	6.77 ab	6.63 b
F-test	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*
LSD <sub>0.05</sub>	2.83	4.96	1.50	1.50	1.44	2.47	1.46	0.51

<sup>1/</sup>Means in a column followed by different letters are significantly different (  $p < 0.05$ ) by LSD

ns = not significantly different

**Table 4** Changes of chlorophyll contents after paclobutrazol treatments

Treatments	SPAD chlorophyll meter reading (SCMR)	
	Months after treatments	
	2	4
Control	62.01	41.33
Paclobutrazol 1.50 g a.i.	61.06	43.64
Paclobutrazol 2.50 g a.i.	62.35	45.83
Paclobutrazol 3.50 g a.i.	64.14	43.78
F-test	ns	ns
LSD <sub>0.05</sub>	3.97	5.93

ns = not significantly different

## สรุป

สารพาโคลบิวทราโซลทุกอัตราทำให้ความยาวยอด ความยาวปล้อง ความยาวก้านใบ ขนาดใบและพื้นที่ใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างอัตราของสารพาโคลบิวทราโซลที่ให้ในแต่ละกรรมวิธี และการให้สารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 3.50 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อต้นสามารถลดความสูงของต้นมะเข็ญได้มากที่สุดประมาณร้อยละ 30 นอกจากนี้การราดพาโคลบิวทราโซลยังทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

## คำขอขอบคุณ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนสุดา สยามบรมราชกุมารี ฯ (อพ.สธ.) และขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำการทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล ประภาพร ตั้งกิจโชติ และ ยศกร สายสร้อย. 2553. ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการเติบโตทางกิ่งใบของมะละกอพันธุ์เม็กซิโก-เกษตร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(3/1) (พิเศษ): 537-540.

กฤษณา กฤษณพุกต์ และ ลพ ภวภูตานนท์. 2554. การชักนำการออกดอกของส้มโอพันธุ์ทองดีและชวา น้ำผึ้งด้วยสารพาโคลบิวทราโซล. รายงานฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 47 หน้า.

เฉลิม จันท์สม สุธาทิพย์ ภามรประวัติ และ อรุณพร อีสุรัตน์. 2551. แอนโทไซยานินหลักในผลมะเข็ญสุก. ธรรมชาติศาสตร์เกษตร 8(3): 360-370.

เฉลิมชัย แสงอรุณ พาวิน มะโนชัย เสกสันต์ อูสสหตานนท์ จิรนนท์ เสนานาญ และ มนต์ กัมพูกุล. 2553. การ

ควบคุมทรงพุ่มลำไยที่ปลูกระยะชิดโดยการตัดแต่งกิ่งและการใช้สารพาโคลบิวทราโซล. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 27(3): 1-10.

นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย. 2557. ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อพัฒนาการของใบชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์-มิสไทยแลนด์. สาขาวิชาเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, สุรินทร์. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 31(1): 1-12.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอริโมนและสารสังเคราะห์. วิชาการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 196 หน้า.

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

สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง. 2544. มะเข็ญพืชในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช. ศิลปะการพิมพ์, ลำปาง. 17 หน้า.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 หน้า.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ. 251 หน้า.

สมพร ณ นคร. 2549. สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth regulators). คณะวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, นครศรีธรรมราช. 265 หน้า.

สมพร ณ นคร. 2555. การวิจัยแบบมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชักนำการออกดอกนอกฤดูของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเงาะในอำเภอชะอวด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ใต้ใหญ่, นครศรีธรรมราช. 44 หน้า.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. สรีรวิทยาการพัฒนากิ่งพืช. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, กรุงเทพฯ. 665 หน้า.

Abdollahi, M., S. Eshghi and E. Tafazoli. 2010. Interaction of paclobutrazol, boron and zinc on vegetative growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria x Ananassa Duch.*

- cv. Selva). Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 4(11): 67-75.
- Adato, I. 1990. Effects of paclobutrazol on avocado (*Persea americana* Mill.) cv. 'Fuerte'. Scientia Hort. 45(1-2): 105-115.
- Arzani, K. and H.R. Roosta. 2004. Effects of paclobutrazol on vegetative and reproductive growth and leaf mineral content of mature apricot (*Prunus armeniaca* L.) Trees. Journal of Agricultural Science and Technology 6: 43-55.
- Asin, L., S. Alegre and R. Montserrat. 2007. Effect of paclobutrazol, prohexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in a 'Blanquilla' pear orchard. Scientia Horticulturae 113(2): 142-148.
- Calixto, M.P., D.B. Restituto, Q. Julita, M. Gina and P. Gerry. 2000. Regulation of flowering in 'Carabao' trees by paclobutrazol. Philippine Journal of Crop Science 25(1): 27-33.
- Cohen, Y., D.A. Dagen, U. Adur, H. Hila and D.K. Joshua. 2013. Characterization of growth retardant effects on vegetative growth of date palm seedlings. Journal of Plant Growth Regulation 32: 533-541.
- de Moraes, P.J., J.A.S. Grossi, S. de A. Tinoco, D.J.H. da Silva, P.R. Cecon and J.G. Barbosa. 2005. Ornamental tomato growth and fruiting response to paclobutrazol. (Online). Available: [http://www.actahort.org/books/683/683\\_40.htm](http://www.actahort.org/books/683/683_40.htm) (March 19, 2011).
- Kumar, S., S. Ghatty, J. Satyanarayana, A. Guha, B.S.K. Chaitanya and A.R. Reddy. 2012. Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. Crantz. (Online). Available: <http://www.biomedcentral.com/1756-0500/5/137.htm> (March 13, 2012).
- Lolaei, A., B. Kaviani, M.K. Raad, M.A. Rezaei and M. Maghsoudi. 2012. Effect of paclobutrazol and salinity on vegetative and sexual growth and fruit quality of strawberry (*Fragaria x Ananassa* Duch. cv. Selva). Annals of Biological Research 3(10): 4663-4667.
- Medina-Urrutia, V. 1995. Effect of paclobutrazol and severe pruning on mango tree cv. Tommy Atkins at high densities. Proc. Florida State Horticultural Society 108: 364-368.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: Effect on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 501-31.
- Rodrigue, M.C. and V. Galan. 1995. Preliminary study of paclobutrazol (PP333) effects on greenhouse papaya (*Carica papaya* L.) in the canary islands. Acta Horticulturae. 370: 167-171.
- Saker, B.C. and M.A. Rahim. 2012. Vegetative growth, harvesting time, yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) as influenced by soil drench application of paclobutrazol. Bangladesh Journal of Agricultural Research 37(2): 335-348.
- Symons, P.R.R., P.J. Hofman and B.N. Wolstenholme. 1990. Response to paclobutrazol of potted 'Hass' avocado trees. (Online). Available: [http://www.actahort.org/books/275/275\\_21.htm](http://www.actahort.org/books/275/275_21.htm) (April 16, 2011).
- Taya, S., C. Punvittayagul, T. Chewonarin and R. Wongpoomchai. 2009. Effect of aqueous extract from *Cleistocalyx nervosum* on

oxidative status in rat liver. Thai Journal of  
Toxicology 24(2): 10-105.

---