

ปริมาณผลผลิตและคุณภาพของมะม่วงพันธุ์มหาชนกในการผลิตนอกฤดู Yield and Fruit Quality of 'Mahackanok' Mango in Off-season Production

อุบล ชินวัง^{1*} ทิพนธ์ พรหมโชติ¹ สาธิต พงษ์วิทยกุล¹ และ วันัสสันต์ นันทะบรรณ¹

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณผลผลิต และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวจากต้นอายุประมาณ 6-6.5 ปีที่ผลิตเพื่อการค้านอกฤดู พบว่ามะม่วงที่ติดผลบริเวณภายนอกทรงพุ่มในปริมาณมากกว่าภายในทรงพุ่มประมาณ 30% (133.18 และ 94.34 ผล/ต้น ตามลำดับ) ผลมะม่วงที่มีแต้มสีแดงบนผิวผลพบในตำแหน่งภายนอกทรงพุ่มในปริมาณมากกว่าตำแหน่งภายในทรงพุ่ม 2.5 เท่า ส่วนจำนวนผลที่มีแต้มสีแดงบนผิวผลในทิศต่างๆ ทั้งสี่ทิศมีปริมาณไม่แตกต่างกัน ผลมะม่วงที่ติดผลบริเวณภายนอกทรงพุ่มมีพื้นที่ของแต้มสีแดงบนผิวผลเกิดขึ้นมากกว่าผลที่ติดภายในทรงพุ่มประมาณ 5 เท่า และผิวผลมีค่า a^* ที่เพิ่มขึ้น และมีค่า hue angle (h°) ที่ลดลงมากกว่ามะม่วงที่ติดผลบริเวณภายในทรงพุ่ม สีเนื้อของผลมะม่วงที่ติดผลภายนอกทรงพุ่มมีพื้นที่ของแต้มสีแดงบนผิวผลเกิดขึ้นมากกว่าผลที่ติดภายในทรงพุ่มในทิศเหนือ ผลมะม่วงระยะผลแก่ที่เก็บเกี่ยวจากภายนอกทรงพุ่มมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้น้อยกว่าผลที่อยู่ภายในทรงพุ่ม แต่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน ผลแก่ที่เก็บเกี่ยวจากทั้งสี่ทิศมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน ผลที่ติดภายนอกทรงพุ่มสามารถสุก (วันแรกที่ผิวผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั่วผล) ในสภาพห้อง (28.5°C และ 72.2% RH) ในเวลา 7.54 วัน หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเร็วกว่าผลที่อยู่ภายในทรงพุ่มซึ่งสุกภายใน 8.67 วัน ในระยะผลสุกเนื้อของผลมะม่วงที่ติดผลในตำแหน่งหรือทิศต่างๆ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

คำสำคัญ : การผลิตนอกฤดู ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

Abstract

Yield and fruit quality of off-season 'Mahackanok' mango fruit harvested from approximately 6-6.5 year aged trees from a commercial orchard were studied. The results showed that the outer canopy produced a 30% greater yield than the inner canopy (133.18 and 94.34 fruits per tree, respectively). The fruit with red blush were 2.5 folds higher at the outer than the inner canopy. However, those fruit set in 4 various canopy directions were not significant different in the quantity of red blush fruit. The fruit at the outer canopy exhibited a 5 fold of red blush area greater than those at the inner position. The skin colour of the red blush fruit at the outer canopy had a higher a^* value, and a lower hue angle than that at the inner canopy. The fruit pulp colour harvested at the west of the inner canopy showed a greater b^* value and chroma than those harvested at the north of the inner canopy. The harvested fruit from the outer canopy had a lower content of titratable acidity (TA) than those from the inner position, with no significant differences in total soluble solids (TSS) and vitamin C content. Nevertheless, the fruit harvested from 4 various canopy directions were not significant different in the quantity of TA, TSS and vitamin C. The fruit

¹ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

harvested from the outer canopy ripened (7.54 days) at the ambient condition (28.5°C and 72.2% RH) about 1 day earlier than those from the inner canopy (8.67 days). The ripe fruit either harvested from the various canopies or canopy directions showed no significant differences in TA, TSS and vitamin C at $P>0.05$.

Keywords : Off-season production, Total soluble solids, Titratable acidity

คำนำ

มะม่วงเป็นผลไม้เขตร้อนที่สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกกันมากในจังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครราชสีมา บุรีรัมย์ และอุดรธานี ผลผลิตที่ได้มีการจำหน่ายทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยมีมูลค่าการส่งออกผลสดในปี 2556 มากกว่า 850 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) มะม่วงพันธุ์มหาชนก (*Mangifera indica* cv. Mahachanok ; syn. Mahajanaka) เป็นสายพันธุ์หนึ่งที่มีการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยมีลักษณะเด่น คือ พื้นที่แต้มสีแดงบนผิวผล (ประมาณ 10-20% ของพื้นที่ผิวผลทั้งหมด) (รวี และเปรมปรี, 2542) ซึ่งเป็นสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ชนิด cyanidin-3-galactoside (Lueangprasert *et al.*, 2010) โดยเริ่มมีแต้มสีแดง 1.25 % ของพื้นที่ผิวผลทั้งหมด เมื่อผลมีอายุ 91 วันหลังดอกบาน และเพิ่มขึ้นเป็น 12.08 และ 26.66% เมื่อผลมีอายุ 112 และ 133 วันหลังดอกบาน ตามลำดับ และมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total Anthocyanins ; TAn) ในปริมาณ 1.01 ถึง 1.33 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสดของเปลือก 100 กรัม (mg/100 g fresh weight [FW]) (ยุทธนา, 2549)

ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกจากแหล่งปลูกในจังหวัดกาฬสินธุ์ออกดอกตามปกติ (ในฤดู) ในเดือนมกราคม และผลมีอายุพร้อมเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีความบริบูรณ์ 80-85% หรือประมาณ 110 วันหลังดอกบาน ช่วงซึ่งตรงกับช่วงเดือนพฤษภาคม ส่วนการผลิदनอกฤดู เกษตรกรบังคับการออกดอกของต้นมะม่วงด้วยการราดสารพาโคบิวทราซิลเพื่อให้ต้นออกดอกประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม และผลมีอายุพร้อมเก็บเกี่ยวในปลายเดือนมีนาคม ถึงต้นเดือนเมษายน ปัญหาสำคัญของการผลิตมะม่วงพันธุ์มหาชนกเพื่อการส่งออกในพื้นที่ปลูกแห่งนี้คือ ผิวผลมีพื้นที่แต้มสีแดงน้อย หรือไม่มีเลย โดยทั่วไป ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ได้รับแสงแดดระหว่างการเจริญเติบโตของผลบนต้นโดยเฉพาะบริเวณภายนอกทรงพุ่มมักมีพื้นที่แต้มสีแดงเกิดขึ้นมากกว่าผลที่อยู่ภายในทรงพุ่ม ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ผลมะม่วงมักได้รับแสงแดดน้อยกว่าภายนอกทรงพุ่ม (ข้อมูลจากเกษตรกร และจากการสังเกตของผู้วิจัยในแปลงปลูก) แสงแดดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการสะสมแอนโทไซยานินในผิวผลไม้หลายชนิดในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น มะม่วง (ยุทธนา, 2549 ; Hofman *et al.*, 1997 ; Saengnil *et al.*, 2011) ลิ้นจี่ (Tyas *et al.*, 1998) องุ่น (Jeong *et al.*, 2004) แอปเปิ้ล (Jakopic *et al.*, 2009) และสาลี่ (Zhang *et al.*, 2011) เป็นต้น แต้มสีแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์นี้เป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในการกำหนดราคาผลมะม่วงของบริษัทส่งออกที่รับซื้อผลผลิตจากเกษตรกร โดยเฉพาะการผลิदनอกฤดู ซึ่งเกษตรกรมักได้รับราคาสูงกว่าการผลิตในฤดูปกติ ซึ่งยังไม่มีรายงานข้อมูลทางวิชาการที่ชัดเจนเกี่ยวกับปริมาณผลผลิตต่อต้น จำนวนผลที่มีพื้นที่แต้มสีแดงบนผิวผลต่อต้น และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์นี้ในแหล่งปลูกจังหวัดกาฬสินธุ์ ดังนั้น การศึกษานี้จึงต้องการทราบปริมาณผลผลิตมะม่วงต่อต้นในการผลิदनอกฤดู จำนวนผลที่มีแต้มสีแดงต่อต้น คุณภาพด้านต่างๆ ของผลในระยะเก็บเกี่ยว และในระยะผลสุกของผลมะม่วงพันธุ์นี้ที่ติดผลอยู่ในตำแหน่งและทิศต่างๆ ของทรงพุ่มต้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงการเกษตรกรรมมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ปลูกในพื้นที่ของจังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อให้ได้ผลที่มีคุณภาพดี สีผิวสวย และเหมาะสมต่อการส่งออกจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ

บั่นเหวียงเพื่อนำน้ำคั้นที่ได้มาวิเคราะห์หา 1) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) โดยวัดค่าของน้ำคั้นจากเนื้อผลมะม่วงแต่ละผลด้วย Hand Refractometer (Atago, ประเทศญี่ปุ่น) รายงานผลในหน่วย % หรือ °Brix 2) ปริมาณกรดที่ได้จากการไตเตรท (Titratable Acidity; TA) โดยการนำน้ำคั้นจากเนื้อผลมะม่วงแต่ละผล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร (mL) ที่ผ่านการเจือจางด้วยน้ำกลั่น 10 mL และหยด 1% Phenolphthalein จำนวน 2-3 หยด มาไตเตรทกับสารละลาย 0.1 N NaOH จนถึงจุดยุติ (เกิดสีชมพูอ่อน) จากนั้น นำค่ามาคำนวณเป็น %TA เปรียบเทียบกับ citric acid ดังนี้ $\%TA = [(0.1 \text{ N NaOH}) \times (\text{mL NaOH}) \times 0.064 \times 100] / 2\text{mL} (100\% \text{ juice})$ และ 3) ปริมาณวิตามินซี โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ ascorbic acid และรายงานผลในหน่วย mg Ascorbic Acid Equivalent (AAE)/100 mL juice โดยนำน้ำคั้นจากผลมะม่วง หรือสารละลายมาตรฐานของ ascorbic acid ความเข้มข้น 0.5 mg/mL ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย metaphosphoric acid ความเข้มข้น 3% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทด้วยสารละลาย 2, 6-dichloroindophenol ความเข้มข้น 0.02% จนถึงจุดยุติ (เกิดสีชมพู) แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซีตามวิธีการของดเนีย และคณะ (2550)

แปลงข้อมูลของค่า a ด้วยสูตร $\ln[a+20]$ เนื่องจาก a มีทั้งค่าติดลบ และค่าบวก จากนั้น นำข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปริมาณผลผลิตของมะม่วงนอกฤดู

ผลมะม่วงติดผลบริเวณภายนอกมากกว่า ($P \leq 0.05$) ภายในทรงพุ่มประมาณ 30% (เฉลี่ย 133.18 และ 94.34 ผลต่อต้นตามลำดับ) (Table 1, Factor A) และผลมะม่วงติดผลในทิศต่างๆ ในจำนวนที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) คือระหว่าง 43.67 ถึง 71.17 ผล (Table 1, Factor B) ปริมาณผลผลิตต่อต้นของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุต้นประมาณ 6-6.5 ปี จากการศึกษาครั้งนี้คือ 80.98 กิโลกรัม ($[133.18 + 94.34 \text{ ผล}] \times 355.94 \text{ กรัมต่อผล}$) การติดผลบริเวณภายนอกหรือรอบๆ ทรงพุ่มของมะม่วงพันธุ์นี้คาดว่าเกิดจากการได้รับแสงแดดของกิ่งใบรอบๆ ทรงพุ่ม จึงกระตุ้นการเกิดตาดอกที่บริเวณปลายกิ่งได้มากกว่ากิ่งใบที่อยู่ภายในทรงพุ่ม การศึกษาในมะม่วงพันธุ์ Dasehari Langra และ Anwar Rataul พบว่ากิ่งใบถูกชักนำให้เกิดตาดอกที่บริเวณปลายกิ่งทางด้านที่ได้รับแสงแดด และพัฒนาไปเป็นดอกตัวผู้หรือดอกสมบูรณ์เพศต่อไป (Asif *et al.*, 2002) นอกจากนี้ การได้รับแสงแดดของช่อดอกที่อยู่บริเวณภายนอกทรงพุ่มทำให้ช่อดอกมีโอกาสในการผสมเกสรดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากแสงมีบทบาทในการกระตุ้นการแตกของอับละอองเกสรก่อนการผสมเกสร (ประเสริฐ, ม.ป.ป.) และช่อดอกยังได้รับการถ่ายละอองเกสรมากกว่าช่อดอกที่อยู่ภายในทรงพุ่ม และเนื่องจากมะม่วงเป็นพืชผสมข้าม (cross pollinated crop) ที่ต้องอาศัยกระบวนการถ่ายละอองเกสรจากอับละอองเกสรที่แตกออกไปยังยอดเกสรตัวเมีย โดยอาศัยแมลงหรือลมเป็นพาหะ (เกียรติเกษตร, 2547) จึงเป็นสาเหตุให้การติดผลในช่อดอกที่อยู่ภายนอกทรงพุ่มมีปริมาณมากกว่าช่อดอกที่อยู่ภายในทรงพุ่ม ช่อดอกมะม่วงที่อยู่ภายนอกทรงพุ่มยังอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการถ่ายเทอากาศดี และได้รับความชื้นจากอากาศในปริมาณที่เหมาะสมระหว่างการผสมเกสรและติดผล โดยเฉพาะในเวลาเช้า และกลางคืน เมื่อเปรียบเทียบกับช่อดอกมะม่วงที่อยู่ภายในทรงพุ่ม (นิพัฒน์, 2556 ; Sharma and Singh, 2006) การศึกษาต่อไปควรบันทึกข้อมูลด้านจำนวนช่อดอกและผลที่เกิดจากช่อดอกต่อปริมาตรทรงพุ่มทั้งภายนอกและภายในทรงพุ่ม เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการติดผลในตำแหน่งดังกล่าว

2. คุณภาพทางกายภาพของผลแก่ระยะเก็บเกี่ยว

2.1 น้ำหนักผล ผลมะม่วงที่ติดผลบริเวณภายนอก หรือภายในทรงพุ่มในทิศต่างๆ มีน้ำหนักผลไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) (Table 1) ผลมะม่วงมีน้ำหนักเกิน 300 กรัม และเป็นมาตรฐานของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่บริษัทต้องการรับซื้อเพื่อการส่งออก ซึ่งกล่าวได้ว่าผลมะม่วงที่ติดผลบริเวณภายนอกหรือภายในทรงพุ่มในทิศต่างๆ มีการ

สะสมอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของใบภายในต้นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แม้ว่าใบพืชในตำแหน่งดังกล่าวได้รับแสงแดดที่มีความเข้มแสงต่างกันก็ตาม โดยค่าความเข้มแสงบริเวณภายนอก และภายในทรงพุ่มที่วัดได้จากบริเวณใบและผลมะม่วงจากการศึกษานี้คือ $>2,000$ และ $500-800$ Lux ตามลำดับ ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงถึงความเข้มแสงที่ใบพืชทั้งสองบริเวณได้รับไม่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากใบมาสะสมที่ผลมะม่วง อย่างไรก็ตามความเข้มแสงในระดับที่แตกต่างกันมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของพืช และ/หรือการลำเลียงสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืชโดยทั่วไป (Smith, 1990; Léchaudel and Joas, 2007; Moon *et al.*, 2011)

2.2 พื้นที่แฉกสีแดงและสีผิวผล การติดผลบริเวณภายนอกทรงพุ่มทำให้มีผลมะม่วงที่มีแฉกสีแดงเกิดขึ้นมากกว่าการติดผลบริเวณภายในทรงพุ่มประมาณ 2 เท่า (Table 1, Factor A) และผลมะม่วงที่ติดผลบริเวณภายนอกทรงพุ่มมีแฉกสีแดงปรากฏบนผิวผลในสัดส่วนที่มากกว่าผลที่อยู่ภายในทรงพุ่มประมาณ 5 เท่า (Table 1, Factor A) ซึ่งค่าสีแดง (ค่า a^* และ h°) โดยเฉลี่ยที่วัดจากผิวผลทั้งสองด้านของผลมะม่วงที่ติดผลบริเวณภายนอกทรงพุ่มมีค่า a^* มากกว่า ($P \leq 0.05$) (ค่าติดลบน้อยหรือเข้าใกล้ค่าบวก) และมีค่า h° ที่น้อยกว่า ($P \leq 0.05$) ผลที่อยู่ภายในทรงพุ่ม (Table 1, Factor A) แสดงว่าผลมะม่วง ณ ตำแหน่งภายนอกทรงพุ่มมีการสังเคราะห์และสะสมสารแอนโทไซยานินบนผิวผลได้มากกว่าผลภายในทรงพุ่ม ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ผลมะม่วงมักได้รับแสงแดดน้อยกว่าภายนอกทรงพุ่ม ซึ่งแสงแดดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการผลิตและสะสมสารแอนโทไซยานินในผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก (ยุทธนา, 2549; Saengnil *et al.*, 2011) และพันธุ์อื่นๆ เช่น พันธุ์ Keitt (Hofman *et al.*, 1997) รวมถึงผลไม้ชนิดอื่น เช่น แอปเปิล (Jakopic *et al.*, 2009; Feng *et al.*, 2014) และสาลี่ (Zhang *et al.*, 2011) เป็นต้น ทั้งนี้ เพราะแสงแดดมีรังสีชนิดต่างๆ ที่กระตุ้นการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นในชีววิถีการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล (phenylpropanoid pathway) และการเกิดกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นของเอนไซม์ในชีววิถีดังกล่าว (Jakopic *et al.*, 2009) และรังสีจากแสงยังมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของยีนที่สังเคราะห์เอนไซม์ในชีววิถีดังกล่าว (Zhang *et al.*, 2011) การผลิตมะม่วงพันธุ์มหาชนกให้มีลักษณะตรงตามพันธุ์ (มีแฉกสีแดงบนผิวผล) จึงต้องทำให้ผลได้รับแสงอย่างทั่วถึงระหว่างการพัฒนาเจริญเติบโตบนต้น โดยเฉพาะเมื่อผลมีอายุประมาณ 90 วันหลังดอกบานเต็มที่ (ยุทธนา, 2549) ซึ่งเป็นระยะที่ผิวผลมะม่วงเริ่มสังเคราะห์และสะสมแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นจนกระทั่งผลบรรลุเต็มที่พร้อมเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุผลตั้งแต่ 98 วันหลังดอกบาน (ยุทธนา, 2549) การตัดแต่งกิ่งใบของต้นมะม่วงในระดับปานกลาง (ตัดกิ่งที่ความยาว 60 ซม. จากปลายยอด) ช่วยเพิ่มปริมาตรผล ปริมาณ TSS และปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อผลมะม่วงพันธุ์ Amrapali Mallika และ Dashehari ของประเทศอินเดีย (Singh *et al.*, 2010) ส่วนการตัดแต่งกิ่งใบที่ความยาวตั้งแต่ 10 ถึง 30 ซม. จากปลายยอด ช่วยเพิ่มการติดผลอ่อนของช่อดอกมะม่วงพันธุ์ Amrapali 2-3 เท่า เปรียบเทียบกับการไม่ตัดแต่งกิ่ง (Sharma and Singh, 2006) ดังนั้น เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต และเพื่อการผลิตผลมะม่วงที่สามารถจำหน่ายได้ราคาสูง ผลจึงต้องมีคุณภาพดีตรงตามพันธุ์ มีสีผิวสวยงาม และมีแฉกสีแดงบนผิวผล เกษตรกรควรตัดแต่งกิ่งใบของทรงพุ่มต้นให้โปร่งและแสงแดดส่องถึงภายในต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสให้ผลมะม่วงได้รับแสงแดด อันเป็นปัจจัยหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาสีแดงที่ผิวผลมะม่วงพันธุ์นี้ เช่น การตัดแต่งกิ่งใบออกประมาณ 40% ของความหนาแน่นทรงพุ่มมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ศิลป์ชัย ตระกูลทิพย์, 2557 สอบถามส่วนตัว) ร่วมกับการเขตรกรรรมอื่นๆ นอกจากนี้ การให้ฮอร์โมนพืชสังเคราะห์บางชนิดแก่ผลมะม่วงในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวกระตุ้นการสังเคราะห์แอนโทไซยานินได้ เช่น methyl jasmonate (อินทนนท์ และคณะ, 2553; รัฐพล และพีระศักดิ์, 2557) อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยด้านการเพิ่มสีแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วยสารดังกล่าวยังไม่ประสบความสำเร็จในเชิงพาณิชย์

ผลมะม่วงที่ติดผลในทิศทั้งสี่มีค่าสีแดงที่ผิวผลไม่แตกต่างกัน (Table 1, Factor B) สอดคล้องกับผลการศึกษาของศิวพร และคณะ (2551) ที่ไม่พบความแตกต่าง ($P > 0.05$) ด้านพื้นที่แฉกสีแดงบนผิวผลมะม่วงพันธุ์เดียวกันนี้ที่ติดผลอยู่ในทิศต่างๆ จำนวน 8 ทิศของทรงพุ่มต้น จากผลการศึกษาทั้งสองแสดงว่าแสงแดดในทิศต่างๆ ที่ผลมะม่วงพันธุ์นี้ได้รับไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มพื้นที่แฉกสีแดงบนผิวผล อย่างไรก็ตาม ผลจากการศึกษานี้พบว่าผิวผลมะม่วงที่

ติดผลทางทิศตะวันตกมีสีเหลือง (ค่า b^*) มากกว่าผิวผลมะม่วงทางทิศตะวันออก (Table 1, Factor B) แสดงว่าความเข้มแสงทางทิศตะวันตกที่ผลมะม่วงได้รับในช่วงเวลาบ่ายมีอิทธิพลทำให้เนื้อเยื่อพืชสังเคราะห์สารแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นกลไกการตอบสนองของพืชเมื่อได้รับแสงที่มีความเข้มสูง (Taiz and Zeiger, 1998)

2.3 สีเนื้อผล ตำแหน่งของผลในทรงพุ่ม และทิศของผลบนต้นไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อผลมะม่วงในระยะเก็บเกี่ยว (ไม่ได้แสดงผล) อย่างไรก็ตาม ผลมะม่วงที่ติดผลภายในทรงพุ่มทางทิศเหนือมีเนื้อสีเหลือง (ค่า b^* และ chroma ที่ลดลง) น้อยกว่า ($P \leq 0.05$) ผลที่ติดผลบริเวณภายในทรงพุ่มทางทิศตะวันตก (Table 2) ผลการศึกษานี้สันนิษฐานว่าแสงแดดที่ส่องผ่านทรงพุ่มเข้ามาทางทิศเหนือทำให้ผลมะม่วงได้รับแสงที่มีความเข้มน้อยกว่าผลที่อยู่ในทรงพุ่มทางทิศตะวันตก (ความเข้มแสงสูงกว่าทิศอื่น) ผลมะม่วงในทิศเหนืออาจมีกิ่งใบบังแสงในแนวที่เอียงในช่วงฤดูกาลดังกล่าว เนื้อเยื่อพืชจึงสังเคราะห์สารแคโรทีนอยด์ขึ้นมาเพื่อปกป้องตนเองจากการได้รับแสงที่มีความเข้มสูงได้ในระดับที่ต่ำกว่าผลทางทิศตะวันตก ผลจากการศึกษานี้แสดงว่าความเข้มแสงทางทิศตะวันตกมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์และสะสมสารแคโรทีนอยด์ในเนื้อเยื่อผิว และเนื้อผลมะม่วงพันธุ์นี้ (Chaudhary, 2006)

3. คุณภาพทางเคมีของเนื้อผลในระยะเก็บเกี่ยว

ปริมาณ TSS และวิตามินซีของเนื้อผลมะม่วงในระยะเก็บเกี่ยวที่ติดผลทั้งภายนอกและภายในทรงพุ่ม และในทิศต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (Table 3) อย่างไรก็ตาม ปริมาณ TA ของเนื้อผลมะม่วงที่ติดผลภายนอกทรงพุ่มมีค่าน้อยกว่า ($P \leq 0.05$) ผลที่อยู่ในทรงพุ่ม (Table 3, Factor A) ปริมาณ TA ที่น้อยลงของผลมะม่วงที่อยู่ในทรงพุ่ม เกิดจากแสงกระตุ้นการสลายของแป้งที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของผล และเพิ่มการเกิด metabolism ในอัตราที่สูงกว่าผลมะม่วงที่อยู่ในทรงพุ่ม ตำแหน่งการติดผลของผลส้มแมนดารินพันธุ์ Shiranuhi มีอิทธิพลต่อคุณภาพด้านปริมาณ TA เช่นเดียวกัน โดย Moon *et al.* (2011) พบว่าเปอร์เซ็นต์ของผลส้มที่ติดผลบริเวณตอนล่างของทรงพุ่มต้นมีปริมาณ TA ที่ต่ำกว่า 1.0% ระหว่าง 64.8 ถึง 75.5% ของจำนวนผลทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ติดผลบริเวณตอนบนของทรงพุ่มต้น (46.4 ถึง 63.4% ของจำนวนผลทั้งหมด)

4. การสุกและคุณภาพของผลสุก

ผลมะม่วงที่ติดผลภายนอกทรงพุ่มเมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพห้อง (28.5°C และ 72.2% RH) สุกในระยะเวลาที่สั้นกว่า ($P \leq 0.05$) ผลที่อยู่ในทรงพุ่มประมาณ 1 วัน (Table 4, Factor A) และผลสุกมีพื้นที่สีแดงบนผิวผลในระดับเดียวกับที่พบขณะเก็บเกี่ยว ผลมะม่วงที่อยู่ในทรงพุ่มมักได้รับแสงเต็มที่ ผลมีอาหารสะสมและมี metabolism ภายในเนื้อเยื่อในอัตราที่สูงกว่าผลที่อยู่ในทรงพุ่มดังรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น ด้วยเหตุนี้ การสุกของผลมะม่วงที่ติดผลภายนอกทรงพุ่มในระยะหลังการเก็บเกี่ยวจึงเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าผลที่อยู่ในทรงพุ่ม หรืออาจกล่าวได้ว่าผลที่อยู่ในทรงพุ่มมีการสุกแก่เร็วกว่าผลที่อยู่ในทรงพุ่ม อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของเนื้อผลในระยะผลสุกระหว่างผลที่อยู่ในนอกและในทรงพุ่มพบว่าคุณภาพของเนื้อผลไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ทั้งในด้านสีรสชาติ และปริมาณวิตามินซี (Table 5) โดยเนื้อผลมีความหวาน (ปริมาณ TSS) เพิ่มขึ้นจากระยะผลแก่ดิบเกือบ 2 เท่า คือจาก 7.95-7.97°Brix (Table 3) เป็น 14.58-15.05°Brix (Table 5) และปริมาณ TA ลดลงจากค่า 1.24-1.35% (Table 5) เป็น 0.18-0.19% (Table 5) ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของจุลจิรา (2545) ที่พบว่าผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกอายุระหว่าง 98 ถึง 112 หลังดอกบาน จากแหล่งผลิตในจังหวัดเชียงใหม่สุกในระยะเวลา 7 วัน ในสภาพห้อง โดยมีปริมาณ TSS และ TA เฉลี่ย 16.20°Brix และ 0.21% ตามลำดับ ดังนั้น การบริโภคผลมะม่วงสุกพันธุ์นี้ไม่ว่าผิวผลจะมีแต้มสีแดงหรือไม่ จึงไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพด้านรสชาติและสีเนื้อผล การศึกษาต่อไปควรทำเพื่อยืนยันผลการศึกษาที่พบในครั้งนี้นั้น เช่น การทดสอบอิทธิพลของตำแหน่งและทิศของผลบนต้นของผลมะม่วงที่ผลิตนอกฤดูในปีต่อไป การตัดแต่งกิ่งใบในระดับต่างๆ ที่อาจมีผลต่อการเกิดแต้มสีแดงบนผิวผล การวิเคราะห์หาปริมาณสารแคโรทีนอยด์ที่สะสมในผิวและเนื้อของผลมะม่วงที่ติดผลในทิศต่างๆ และการประเมินความชอบด้านการบริโภคเนื้อผลมะม่วงสุก เป็นต้น

Table 1 Yield, fruit weight, number of blush fruit, blush and peel colour (L^* , a^* , b^* , chroma and h°) of mature mango fruit cv. 'Mahachanok' harvest from the outer and the inner canopy of four canopy directions (north, south, east and west).

Factors	Yield (fruit/tree)	Fruit weight (g)	Number of Blush fruit (% of yield)	Blush area		Peel colour			
				(%)	L^*	a^*	b^*	chroma	h°
A : Fruit position:									
Outer canopy	133.18 a	355.91	68.22 a	27.65 a	61.53	-3.21 a	27.08 b	30.76 b	92.99 b
Inner canopy	94.34 b	355.97	26.91 b	5.80 b	62.10	-12.35 b	30.81 a	34.55 a	112.93 a
B : Canopy direction:									
north	49.84	359.23	49.32	22.08	60.91	-7.15	28.04 ab	31.84	102.22
south	62.84	340.59	53.65	10.70	62.10	-9.72	29.76 ab	33.52	105.29
east	71.17	357.69	47.86	22.21	61.08	-4.55	27.34 b	31.68	96.70
west	43.67	366.23	39.43	11.88	63.17	-9.71	30.63 a	33.57	107.64
F-test ²									
Fruit position (A)	*	ns	*	*	ns	*	*	*	*
Canopy direction (B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
AB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	42.34	11.69	61.07	53.55	4.11	22.68	10.11	6.74	10.46

¹ means followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

² * = significantly different at $P \leq 0.05$, ns = non-significantly different at $P \geq 0.05$

Table 2 Flesh colour (b^* and chroma) of mature mango fruit harvested from the outer and the inner canopy of four canopy directions (north, south, east and west).

Fruit position / Canopy direction	Flesh colour ¹	
	b^*	chroma
outer-north	48.87 ab	48.94 ab
outer-south	48.87 ab	48.88 ab
outer-east	47.52 ab	47.58 ab
outer-west	47.52 ab	47.81 ab
inner-north	45.36 b	45.46 b
inner-south	46.24 ab	46.37 ab
inner-east	47.65 ab	47.78 ab
inner-west	50.97 a	51.01 a
<i>F-test</i>	*	*
%CV	6.29	6.23

¹ means followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

Table 3 Chemical properties (TSS, TA and vitamin C) of mature fruit harvested from the outer and the inner canopy and four .

Factors	TSS ($^{\circ}$ Brix)	TA ¹ (%)	Vitamin C (mg AAE/100 mL juice)
A : Fruit position: Outer canopy	7.95	1.24 b	68.80
Inner canopy	7.97	1.35 a	66.49
B: Canopy direction: north	8.18	1.34	68.11
south	7.76	1.33	67.06
east	8.14	1.27	67.91
west	7.77	1.25	67.51
<i>F-test</i> ² : Fruit position (A)	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>
Canopy direction (B)	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
AB	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
%CV	9.64	12.59	51.12

canopy directions (north, south, east and west).

¹ means followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LS

² * = significantly different at $P \leq 0.05$, *ns* = non-significantly different at $P \leq 0.05$

Table 4 Time to ripen (days) of mango fruit harvested from the outer and the inner canopy (Factor A and four canopy directions (Factor B; north, south, east and west) and held at room temperature (28.5°C and 72.7% RH) until its ripening (the first day of an entire fruit surface yellowing).

Fruit position (Factor A)	Time to ripen (days) of mango fruit harvested from different fruit positions and canopy directions (Factor AB) ³				Means of Factor A ¹
	north	south	east	west	
Outer canopy	7.83	7.17	7.83	7.33	7.54 b
Inner canopy	8.17	9.00	9.00	8.50	8.67 a
Means of Factor B ²	8.00	8.08	8.42	7.92	-

¹ means followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

² means by the same row are not significantly different at $P \leq 0.05$.

³ means are not significantly different at $P \leq 0.05$.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 5 Flesh colour (L^* , a^* , b^* , chroma and h°), TSS, TA and vitamin C of ripe mango fruits harvested from the outer and the inner canopy of four canopy directions (north, south, east and west) and held at room temperature (28.5°C and $72.7\%RH$).

Factors	Flesh colour				TSS (°Brix)	TA (%)	Vitamin C (mg AAE/100 mL juice)
	L^*	a^*	b^*	chroma h°			
A : Fruit position: Outer canopy (O)	75.46	11.67	57.33	58.61	15.05	0.19	49.55
inner canopy (I)	74.82	13.34	56.92	58.53	14.58	0.18	48.82
B : Canopy direction: north	75.08	12.11	56.98	58.30	14.71	0.17	49.70
south	75.21	13.18	57.68	59.27	14.78	0.16	49.55
east	74.82	13.22	56.89	58.49	15.03	0.18	49.28
west	75.44	11.52	56.96	58.20	14.75	0.20	48.21
Factors	<i>F-test</i> ¹						
Fruit position (A)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Canopy direction (B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
AB	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	2.86	25.27	3.93	3.61	4.11	10.41	53.19

¹ ns = non-significantly different at $P \leq 0.05$

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของตำแหน่ง (นอกและในทรงพุ่ม) และทิศ (เหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก) ต่อปริมาณผลผลิต ลักษณะทางกายภาพ (น้ำหนักผล พื้นที่แต่มีสีแดง สีผิว และสีเนื้อ) และคุณภาพทางเคมี (ปริมาณ TSS ปริมาณ TA และปริมาณวิตามินซี) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในการผลิตนอกฤดู พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างตำแหน่งและทิศมีผลต่อ ค่า b^* และค่า chroma ของสีเนื้อ อิทธิพลของตำแหน่งมีผลต่อปริมาณผลผลิต พื้นที่แต่มีสีแดงบนผิวผล ค่า a^* b^* chroma และ n° ของผิวผล และปริมาณ TA ขณะที่อิทธิพลของทิศมีผลต่อ ค่า b^* ของผิวผล สำหรับผลสุก พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างตำแหน่งและทิศ อิทธิพลของตำแหน่ง และอิทธิพลของทิศไม่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในการผลิตนอกฤดู กล่าวได้ว่าตำแหน่งและทิศมีบทบาทอย่างมากต่อการพัฒนาสีผิวผลมะม่วง แต่มีบทบาทน้อยกับลักษณะทางเคมีของผล

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคุณเบญจวรรณ สารเมืองโฮม ที่เอื้อเฟื้อต้นมะม่วงสำหรับการทดลองครั้งนี้ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำหรับงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สำหรับสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ. 2547. คู่มือมะม่วง. เฟท-แพชั่น พับลิชชิง, กรุงเทพฯ.
- จุลจิรา การสมวาสน. 2545. ผลของระยะความแก่และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.
- दनัย บุญเกียรติ นิธิยา รัตนานนท์ และ พิมพิไล สีหะนาม. 2550. ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. รายงานวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- นิพัทธ์ สุขวัญบูลย์. 2556. การติดผล. หน้า 25-28. ใน: มะม่วงการผลิตและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ธวัชชัย รัตนเลิศ วิลาวัลย์ คำปวน และธีรยุทธ เจริญกิจ (บรรณาธิการ). วนิดาการพิมพ์, เชียงใหม่.
- ประเสริฐ ศรีสาธ. ม.ป.ป. คู่มือการทำสวนมะม่วง. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- รวี เสธฐภักดี และเปรมปรีณ สงขลา. 2542. มะม่วงเพื่ออุตสาหกรรมส่งออกและแปรรูป. เกษตร. 23(3): 64-68.
- รัฐพล เมืองแก้ว และพีระศักดิ์ ฉายประสาธ. 2557. ผลของสารละลายเมทิลจัสโมเนตต่อการเกิดสีแดง คุณภาพ และการยืดอายุการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยาศาสตร์เกษตร. 44:3 (พิเศษ): 229-232.
- ศิวาพร ธรรมดี ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข จันทลักษณ์ ดิยาน และ ดรุณี นภาพร. 2551. การพัฒนาสีผิวและคุณภาพผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.
- ยุทธนา จันทร์ขาร. 2549. ผลของแสง เอทีฟอน และกรดแอบไซคิคต่อปริมาณแอนโทไซยานิน และแอททีวิตีของพีนอลอะลานีนแอมโมเนียไลเอสในเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกระหว่างการเจริญเติบโตของผล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการส่งออกมะม่วงสด ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. แหล่งที่มา: [http://www.oae.go.th/oe_report/export_import/export_result.php]. ตุลาคม 2557.
- อินทนนท์ ชันวิจิตร, กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และจ่านงค์ อุทัยบุตร. 2553. ผลของเมทิลจัสโมเนตต่อการพัฒนาสีแดงของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยาศาสตร์เกษตร. 41:1 (พิเศษ): 91-94.
- Asif, M., Usman, M., Jaskani, M. J. and Khan, M. M. 2002. Comparative study of flower sex ratio in different cultivars of mango (*Mangifera indica* L.). Int. J. Agri. Biol. 4(2): 220-222.
- Chaudhary, M.T. 2006. Carotenoid pigments of different varieties of mangoes: changes during ripening. J. Sci. Food Agric. 1(6): 173-177.

- Feng, F., Li, M., Ma, F. and Cheng, L. 2014. Effects of location within the tree canopy on carbohydrates, organic acids, amino acids and phenolic compounds in the fruit peel and flesh from three apple (*Malus x domestica*) cultivars. Horticultural Research. 1:1-7.
- Hofman, P. J., Smith, L. G., Joyce, D. C., Johnson, G. L. and Meiburg, G. F. 1997. Bagging of mango (*Mangifera indica* cv. 'Keitt') fruit influence fruit quality and mineral composition. Postharvest Biol. Technol. 12: 83-91.
- Jakopic, J., Stampar, F. and Veberic, R. 2009. The influence of exposure to light on the phenolic content of 'Fuji' apple. Scientia Hort. 123: 234-239.
- Jeong, S.T., Goto-Yamamoto, N., Kobayashi, S. and Esaka, M. 2004. Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins. Plant Sci. 167: 247-252.
- Léchaudel, M. and Joas, J. 2007. An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behavior. Braz. J. Plant Physiol. 19(4): 287-298.
- Luaengprasert, K., Uthaibutra, J., Saengnil, K. and Arakawa, O. 2010. The effects of sugar application on the concentrations of anthocyanin and flavonol of 'Mahajanaka' mango (*Mangifera indica* Linn. cv. Mahajanaka) fruit. Chiang Mai J. Sci. 37(2): 355-362.
- Moon, D., Joa, J., Moon, Y., Seong, K., Kim, C. and Ahn, Y. 2011. Plant growth and fruit quality as affected by canopy locations in 'Shiranuhi' Mandarin. Hort. Environ. Biotechnol. 52(5): 443-447.
- Saengnil, K., Lueangprasert, K. and Uthaibutra, J. 2011. Sunlight-stimulated phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity and anthocyanin accumulation in exocarp of 'Mahajanaka' mango. Maejo Int. J. Sci. Technol. 5(3): 365-373.
- Sharma, R. R. and Singh, R. 2006. Pruning intensity modifies canopy microclimate, and influences sex ratio, malformation incidence and development of fruited panicles in 'Amrapali' mango (*Mangifera indica* L.). Scientia Hort. 109: 118-122.
- Singh, S.K., Singh, S.K. and Sharma, R.R. 2010. Pruning alters fruit quality of mango cultivars (*Mangifera indica* L.) under high density planting. J. Tropic. Agric. 48(1-2): 55-57.
- Smith, R. L. 1990. Ecology and Field Biology. Fourth Edition. HarperCollins Publishers, Inc., New York.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 1998. Plant Physiology. Second Edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland.
- Tyas, J.A., Hofman, P.J., Underhill, S.J.R. and Bell, K.L. 1998. Fruit canopy position and panicle bagging affects yield and quality of 'Tai So' lychee. Scientia Hort. 72: 203-213.
- Zhang, X., Allan, A.C., Yi, Q., Chen, L., Li, K., Shu, Q. and Su, J. 2011. Differential gene expression analysis of Yunnan red pear, *Pyrus pyrifolia*, during fruit skin coloration. Plant Mol. Biol. Rep. 29: 305-314.