วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 1(1):1-13
J. Agri. Prod.

พัฒนาการของผลและปริมาณความร้อนสะสมของลำไยพันธุ์ดอ ในจังหวัดเชียงใหม่

Fruit development and growing degree day of longan (*Dimocarpus longan* L.) 'Daw' in Chiang Mai province

ทรงศักดิ์ ธรรมจำรัส[1] และ ธีรนุช เจริญกิจ[2*]

Songsak Thamjumrat[1] and Theeranuch Jaroenkit[2*]

[1] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76000

[1] Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi 76000

[2] สาขาวิชาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2] Division of Pomology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

[*] Corresponding author: theeranu@gmail.com

Abstract

The study on correlation between fruit development and growing degree day for harvesting off-season longan 'Daw' in January conducted by collecting the data from 11 stages of fruit development starting from 144-179 days after blooming (DAB). The results showed that there were 2 stages of longan development during studied period (144-179 DAB): rapid growth rate (144-158 DAB) and slow growth rate (162-179 DAB). The total soluble solid contents (TSS) were low at the beginning of the study, but increased with time until 179 DAB where the TSS declined. From fruit quality information, it suggested that the suitable date for harvesting off-season longan 'Daw' was 172 to 176 DAB which the growing degree day (GDD) was calculated between a range of 2,330-2,366 GDD. The correlation between fruit development, determined by fruit weight (y) and GDD (x) could be identified by the equation: y = -0.00002(x) 2 + 0.1205(x) - 141.67 with the R^2 = 0.97.

Keywords: Growing degree day, fruit development, harvesting index

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะพัฒนาการของผลและปริมาณความร้อนสะสม สำหรับเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์ดอนอกฤดูในเดือนมกราคม ดำเนินการโดยการเก็บข้อมูลพัฒนาการของผลระยะต่างๆ 11 ระยะ โดยเริ่มตั้งแต่ 144-179 วันหลังดอกบาน ผลการศึกษาพบว่าลำไยหลังดอกบานตั้งแต่ 144-179 วัน มีลักษณะการพัฒนาการของผลแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ลักษณะการพัฒนาที่เร็ว (144-158 วันหลังดอกบาน) และช่วงที่ชะลอการเจริญเติบโต (162-179 วันหลังดอกบาน) ส่วนการสะสมปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาพัฒนาการ แต่ลดลงเล็กน้อยในระยะสุดท้ายที่ศึกษา (179 วันหลังดอกบาน) จากคุณภาพผลที่ได้พบว่าระยะที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์ดอนอกฤดูคือช่วงอายุ 172-176 วันหลังดอกบาน โดยมีปริมาณความร้อนสะสมที่คำนวณได้อยู่ในช่วง 2,330-2,366 GDD และพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของผล (y, น้ำหนักผล) กับปริมาณความร้อนสะสม (x, GDD) สามารถอธิบายตามสมการ y = -0.00002(x)2 + 0.1205(x) - 141.67 โดยมีค่า R^2 = 0.97

คำสำคัญ: ปริมาณความร้อนสะสม พัฒนาการของผล ดัชนีการเก็บเกี่ยว

คำนำ

การผลิตลำไยนอกฤดูเป็นการชักนำให้ลำไยออกดอก ติดผลและมีระยะพัฒนาการของผลที่แตกต่างไปจากช่วงเวลาปกติ การเก็บเกี่ยวผลผลิตไม่อยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงการเก็บเกี่ยวของลำไยในฤดู ตามปกติดัชนีการเก็บเกี่ยว (havesting index) ของลำไยนิยมใช้วิธีการสังเกตจากขนาดผล สีผิว หรือการชิมรสชาติ เป็นต้น ซึ่งต้องใช้ประสบการณ์และมีความชำนาญมาก ดัชนีการเก็บเกี่ยวที่นิยมใช้อีกลักษณะหนึ่งคือการนับอายุการเก็บเกี่ยว เช่น ลำไยพันธุ์ดอ มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 21 สัปดาห์ หรือ 147 วันหลังดอกบาน (ดาวเรือง, 2530) แต่อย่างไรก็ตามลักษณะต่างๆ ของลำไยในฤดู บางครั้งไม่สามารถนำมาใช้กับลำไยนอกฤดูได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการพัฒนาการของผลลำไยนอกฤดูได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และมีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นการศึกษาปริมาณความร้อนสะสม (heat sums) หรือ growing degree day (GDD) ตั้งแต่ระยะดอกบานจนถึงวันเก็บเกี่ยว จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถประมาณการวันเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดูได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมตามระยะพัฒนาการของผลได้ ทรงศักดิ์ และคณะ (2552) เคยรายงานว่าปริมาณความร้อนสะสมที่เหมาะสมของลำไยพันธุ์ดออยู่ในช่วง 2,081-2,112 GDD ซึ่งคำนวณโดยใช้อุณหภูมิพื้นฐานของมะม่วงที่ 12 องศาเซลเซียส (Diczbalis and Drinnan, 2007) แต่ไม่ได้ทำการศึกษาหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนสะสมกับระยะพัฒนาการของผลลำไยอย่างเป็นรูปธรรม ต่อมามีการศึกษาว่าอุณหภูมิพื้นฐานของลำไยพันธุ์ดอคือ 10.76 องศาเซลเซียส (Jaroenkit *et al*., 2014) การศึกษาครั้งนี้จึงได้นำข้อมูลชุดเดิมมาคำนวณหาปริมาณความร้อนสะสมใหม่ โดยใช้อุณหภูมิพื้นฐานของลำไยโดยเฉพาะ รวมถึงการหาลักษณะความ

สัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนสะสมกับระยะพัฒนาการของผลลำไยในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งนำเสนอในรูปสมการความสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลการเจริญเติบโตของลำไยพันธุ์ดอ อายุต้น 4 ปี จำนวน 7 ต้น และสภาพอากาศถูกเก็บจากแปลงทดลองของสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2551 - มกราคม 2552 โดยแบ่งระยะเวลาในการพัฒนาการของผลออกเป็น 11 ระยะ คือ 144, 148, 151, 155, 158, 162, 165, 169, 172, 176 และ 179 วันหลังดอกบาน บันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณแสงทุกชั่วโมงของแต่ละวัน โดยใช้ตัวลงบันทึกข้อมูล (data logger) เพื่อนำไปใช้หาปริมาณความร้อนสะสม หรือ growing degree day ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของหน่วยความร้อน (heat unit) ที่ได้รับแต่ละวันในช่วงเวลาที่ศึกษา ตามวิธีการศึกษาของบุญชนะ และมนตรี (2552) ข้อมูลพัฒนาการของผลลำไยได้จากการสุ่มช่อผลต้นละ 20 ช่อ แต่ละระยะการเก็บเกี่ยวจะเก็บเกี่ยวผลจากทุกช่อ ช่อละ 1 ผล นำมารวมกันเป็นตัวอย่างใช้จำนวน 1 ต้นเป็น 1 ซ้ำ / 20 ผลต่อ 1 ซ้ำ เก็บข้อมูลคุณภาพผลลำไยต่างๆ เช่น เส้นผ่าศูนย์กลางของผล น้ำหนักผล องค์ประกอบผล สัดส่วนของน้ำหนักเปลือก เนื้อและเมล็ด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) และค่าสีผิวเปลือก (ใช้มาตร L*, a*, b*) จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองส่วนมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ เพื่อหาค่าปริมาณความร้อนสะสมที่สามารถใช้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดูต่อไป

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มน้ำหนักของผลลำไยมีความสัมพันธ์กับจำนวนวันหลังดอกบาน โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผล (y) กับระยะเวลาพัฒนาการหรือจำนวนวันหลังดอกบาน (x) เป็นสมการพหุนาม ($-y = 0.0058(x)^2 + 2.026(x) - 166.81$, $R^2 = 0.98$ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจาก 4.69 กรัมในวันแรกที่เก็บเกี่ยว เป็น 10.15 กรัมในวันสุดท้าย (Figure 1) การเจริญเติบโตของผลลำไยในช่วงที่ศึกษา (144-179 วันหลังดอกบาน) แยกเป็นสองระยะอย่างชัดเจน โดยช่วงแรก (144-158 วันหลังดอกบาน) ลำไยมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักที่สูงกว่าช่วงหลัง 162-179 วันหลังดอกบาน โดยเปรียบเทียบจากความชันของสมการเชิงเส้นที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผล (y) และจำนวนวันหลังดอกบาน (x) โดยสมการเชิงเส้นของความสัมพันธ์ในช่วงแรกคือ $y1 = 0.289 (x) - 36.84$ และค่า $R^2 = 0.99$ ในขณะที่สมการช่วงที่สองเป็น $y2 = 0.0573 (x) + 0.0619$ และค่า $R^2 = 0.65$ จากความสัมพันธ์ของสมการเชิงเส้นดังกล่าวจะเห็นได้ว่า เมื่อลำไยเข้าสู่ระยะใกล้เก็บเกี่ยว การพัฒนาการด้านน้ำหนักของผลชะลอตัวลง ทำให้น้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับช่วงที่ยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้

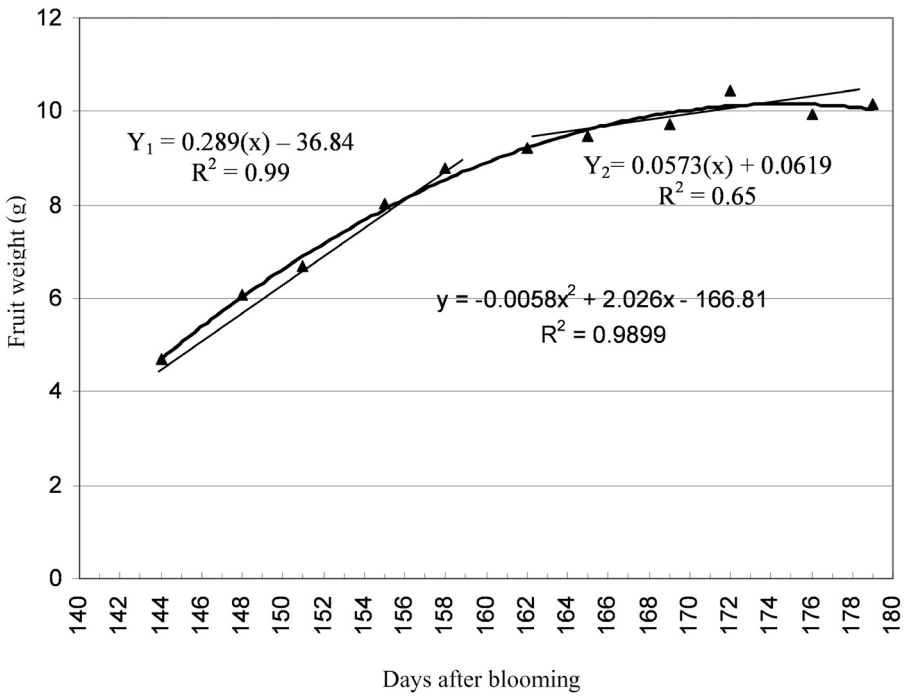

Figure 1 Growth rate of off-season longan fruit and correlation between fruit weight (y) and number of days after blooming (x)

องค์ประกอบของผลลำไยในช่วงที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นน้ำหนักของเนื้อผล (Figure 2A, B; Table 1) พบว่าในช่วงแรกของการพัฒนาผล (144 และ 148 วันหลังดอกบาน) สัดส่วนของเนื้อลำไยมีต่ำกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนักผลลำไย และเพิ่มขึ้นในช่วง 151-169 วัน เท่ากับร้อยละ 51-59 ของน้ำหนักผล ในขณะที่เวลา 172 และ 176 วันหลังดอกบาน มีสัดส่วนของน้ำหนักเนื้อประมาณร้อยละ 61-64 ก่อนจะลดลงเล็กน้อยในที่ระยะสุดท้ายที่เก็บเกี่ยว

การสะสมปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในช่วงเวลา 144-169 วันหลังดอกบานพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในระดับที่ต่ำระหว่าง 15.30-16.60 องศาบริกซ์ ซึ่งยังไม่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว เมื่อเทียบกับดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยที่ปกติมีค่า TSS อยู่ระหว่าง 19-22 องศาบริกซ์ (ดาวเรือง, 2530; บุญชนะ และมนตรี, 2551; บุญชาติ, 2551) ในขณะที่ช่วงเวลา 172 และ 176 วันหลังดอกบานพบว่า TSS เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 18.86-19.27 องศาบริกซ์ แต่เมื่อเวลาผ่านพ้นช่วง 176 วันหลังดอกบานไปแล้วพบว่า TSS ลดลงเล็กน้อย (Figure 2C)

อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ลักษณะสีของผล (L*, a*, b*) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ดลำไยในช่วงที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในทุกระยะที่เก็บเกี่ยว (Figure 1)

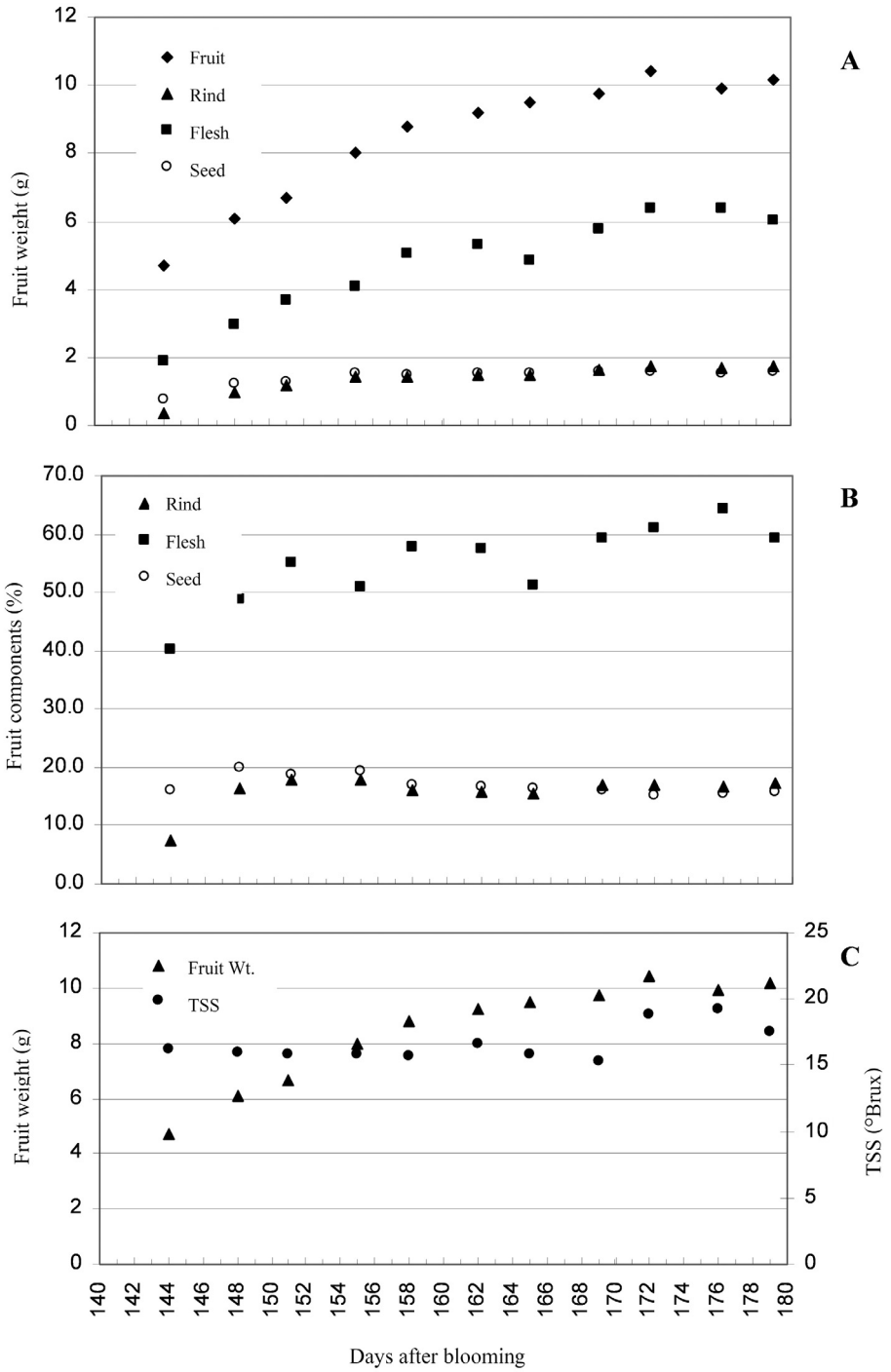

Figure 2 Weight of fruit rind flesh and seed (A), fruit components (B) and total soluble solid content (C) of longan

ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดูนี้ มีความแตกต่างกับระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของผลลำไยในฤดูที่มีรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้ เมื่อเริ่มนับอายุที่จุดเริ่มต้นเดียวกันคือวันหลังดอกบาน โดยดาวเรือง (2530) รายงานระยะที่เหมาะสำหรับเก็บเกี่ยวของลำไยในฤดูอยู่ที่ 147 วัน ในขณะที่บุญชนะ และมนตรี (2552) รายงานอายุการเก็บเกี่ยวลำไยในฤดูอยู่ที่ 135 วัน ซึ่งเร็วกว่าระยะเก็บเกี่ยวของลำไยนอกฤดู (ธันวาคม-มกราคม) ที่รายงานไว้คือ 172-176 วัน ความแตกต่างของอายุการเก็บเกี่ยวลำไย น่าจะเกิดจากช่วงระยะเวลาในการพัฒนาการของผลลำไยในที่แตกต่างกัน โดยลำไยในฤดูมีช่วงพัฒนาการของผลผ่านช่วงฤดูร้อน ในขณะที่ลำไยนอกฤดูที่ราดสารเพื่อชักนำให้ออกดอกในช่วงเดือนกรกฎาคม มีพัฒนาการของผลผ่านช่วงฤดูหนาว ทำให้สภาพแวดล้อมการเจริญเติบโตของผลแตกต่างกัน ตามปกติลำไยที่พัฒนาการผ่านช่วงฤดูร้อนมักเก็บเกี่ยวได้เร็วกว่าลำไยที่มีพัฒนาการผ่านช่วงฤดูหนาว (บุญชาติ, 2552) เช่นเดียวกับลำไยในฤดู หากปลูกในพื้นที่ที่พิกัดทางภูมิศาสตร์แตกต่างกันอาจจะส่งผลให้ลำไยมีพัฒนาการของผลแตกต่างด้วย เช่น ในพื้นที่ภาคใต้ที่อุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงกว่าทางภาคเหนือ ทำให้มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เร็วกว่าแม้ว่าจะเป็นพันธุ์เดียวกัน เช่น ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของลำไยพันธุ์ดอในฤดูที่จังหวัดนครศรีธรรมราชเท่ากับ 135 วัน (บุญชนะ และมนตรี, 2552) ในขณะที่ของจังหวัดเชียงใหม่เท่ากับ 147 วัน (ดาวเรือง, 2530)

Table 1 Fruit components and quality of off-season longan fruit developed during 144-179 days after blooming

Fruit components/ quality	Days after blooming (day)											F – test
	144	148	151	155	158	162	166	169	172	176	179	
Fruit weight (g)	4.69^{g}	6.09^{f}	6.67^{f}	8.01^{e}	8.77^{d}	9.22^{cd}	9.49^{bcd}	9.73^{abc}	10.43^{a}	9.93^{abc}	10.15^{ab}	**
Rind weight (g)	0.35^{e}	0.99^{d}	1.19^{c}	1.42^{b}	1.41^{b}	1.46^{b}	1.46^{b}	1.64^{a}	1.76^{a}	1.66^{a}	1.75^{a}	**
Flesh weight (g)	1.88^{f}	2.98^{e}	3.67^{d}	4.09^{d}	5.06^{c}	5.30^{bc}	4.86^{c}	5.78^{ab}	6.38^{a}	6.38^{a}	6.03^{a}	**
Seed weight (g)	0.76	1.21	1.26	1.54	1.48	1.53	1.54	1.56	1.60	1.55	1.59	ns
Fruit diameter (mm)	20.05	22.21	24.64	23.21	24.35	23.97	23.47	24.32	25.33	24.90	24.83	ns
Rind thickness (mm)	0.77^{ab}	0.91^{ab}	0.63^{b}	0.96^{a}	0.70^{ab}	0.83^{ab}	0.73^{ab}	0.77^{ab}	0.83^{ab}	0.70^{ab}	0.71^{ab}	*
Flesh thickness (mm)	2.56^{f}	2.87^{ef}	3.13^{d}	3.40^{d}	3.88^{c}	3.97^{bc}	4.34^{c}	4.51^{ab}	4.79^{a}	4.74^{a}	4.56^{a}	**
Seed diameter (mm)	10.88	9.98	12.25	11.51	11.56	11.24	11.11	11.37	11.49	11.25	11.34	ns
L* value	45.07	44.87	44.93	45.44	36.69	45.47	44.07	41.75	41.20	42.24	40.87	ns
a* value	9.35	9.79	9.85	10.96	11.64	10.37	12.01	21.82	19.23	22.44	18.64	ns
b* value	29.67	29.89	31.13	28.74	30.03	29.90	28.21	27.64	28.70	25.70	28.40	ns
°Brix	16.27	15.96	15.83	15.79	15.71	16.60	15.79	15.33	18.86	19.27	17.60	ns

ns = Not significant difference, *, ** = Significant difference at probability level 0.05 and 0.01, respectively by DMRT

ปริมาณความร้อนสะสม (growing degree day, GDD)

อุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือนในช่วงที่ศึกษาอยู่ระหว่าง 19.92-26.95 องศาเซลเซียส โดยมีช่วงที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ในเดือนสิงหาคม-ตุลาคม และช่วงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส ในช่วงเดือนธันวาคม-มกราคม ปริมาณหน่วยความร้อนที่พืชได้รับเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตในแต่ละวันโดยตรงกับอุณหภูมิที่พืชได้รับ การคำนวณหน่วยความร้อนสะสมโดยใช้อุณหภูมิพื้นฐานคือ 10.76 องศาเซลเซียส ซึ่งปรับลดลงจาก 12 องศาเซลเซียส (ทรงศักดิ์ และคณะ, 2552) เท่ากับร้อยละ 11.52 ทำให้ปริมาณหน่วยความร้อนสะสมต่อวันที่คำนวณได้ในครั้งนี้อยู่ระหว่าง 9.16-16.19 หน่วยต่อวัน หรือเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 11.03 คือ (Table 2)

Table 2 Average temperature and heat unit per day for each month compared between new (10.76 °C) and old (12 °C) baseline temperature

Month	Average temperature (°C)	Heat unit/day (baseline = 12 °C)	Heat unit/day (baseline = 10.76 °C)	Percentage of increase
July	23.24	11.24	12.48	11.03
August	26.70	14.70	15.94	8.44
September	26.95	14.95	16.19	8.29
October	26.41	14.41	15.65	8.61
November	23.51	11.51	12.75	10.77
December	20.59	8.59	9.83	14.44
January	19.92	7.92	9.16	15.66
Mean	23.90	11.90	13.14	11.03

จากข้อมูลทางด้านพัฒนาการของผลและคุณภาพผลลำไยพันธุ์ดอในช่วงที่ศึกษา (144-179 วันหลังดอกบาน) พบว่าระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดู อยู่ในช่วงเวลา 172 หรือ 176 วันหลังดอกบาน เนื่องจากเป็นระยะที่ขนาดผลและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เหมาะสำหรับการบริโภค (Figure 1; Table 1) เมื่อคำนวณปริมาณความร้อนสะสมในช่วงวันดังกล่าว พบว่ามีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ 2,329.58-2,366.22 GDD (Table 3) หรือหากคำนวณโดยใช้อุณหภูมิพื้นฐานเท่ากับ 12 องศาเซลเซียส มีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,080.98-2,111.92 GDD ตามที่ทรงศักดิ์ และคณะ (2552) ได้รายงานไว้แล้ว หากเก็บเกี่ยวเลยระยะนี้ไปแล้ว ผลลำไยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงอย่างเห็นได้ชัด (Table 1)

Table 3 Growing degree day, (GDD) of off-season longan fruit harvested during December-January as the developmental stage during 144-179 days after blooming

Harvesting date	Days after blooming	Heat sum (GDD) (Baseline = 12 °C)	Heat sum (GDD) (Baseline = 10.76 °C)	Percentage of increase
December, 21	144	1,878.35	2,066.40	10.01
December, 25	148	1,888.32	2,105.72	11.51
December, 28	151	1,914.37	2,135.21	11.54
January, 1	155	1,952.12	2,173.86	11.36
January, 4	158	1,979.76	2,201.34	11.19
January, 8	162	2,013.49	2,237.98	11.15
January, 11	165	2,037.36	2,265.46	11.20
January, 15	169	2,065.25	2,302.10	11.47
January, 18	172	2,080.98	2,329.58	11.95
January, 22	176	2,111.92	2,366.22	12.04
January, 25	179	2,139.88	2,393.70	11.86

การใช้ปริมาณความร้อนสะสมเพื่อคำนวณหรือกำหนดวันเก็บเกี่ยวผล มีการศึกษาและประยุกต์ใช้กับพืชหลายชนิด โดยพืชแต่ละชนิดมีปริมาณความร้อนสะสมสำหรับการสุกแก่หรือเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เช่น การคำนวณหาความร้อนสะสมผลฝรั่งตั้งแต่เริ่มระยะตาดอกหรือตาดอกเจริญจนกระทั่งผลสุกเท่ากับ 1,712 GDD โดยใช้เวลา 128 วัน (Salazar *et al*., 2006) หรือ มะม่วงพันธุ์ Langra ในอินเดีย ต้องการความร้อนสะสมเพื่อการสุกเท่ากับ 1,423 GDD ในขณะที่พันธุ์ Alphonso ต้องการความร้อนสะสมเพื่อการสุกเท่ากับ 1,164 GDD (Raghavendraprasad *et al*., 2004)

การศึกษาปริมาณความร้อนสะสมของลำไยเพื่อใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการเก็บเกี่ยว มีรายงานไว้บ้างแล้ว (บรรณราศี, 2546; บุญชนะ และมนตรี, 2552; Diczbalis and Drinnan, 2007) แต่มีค่าที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยบรรณราศี (2546) รายงานว่าตั้งแต่ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวมีปริมาณความร้อนสะสม 2,786 GDD หรือเทียบกับ 208 วันหลังออกดอก ซึ่งมากกว่าในการศึกษาครั้งนี้ ที่รายงานว่า 172-176 วันหลังดอกบาน ความแตกต่างระหว่างระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและปริมาณความร้อนสะสมดังกล่าว อาจจะเกิดจากการเริ่มต้นนับอายุที่แตกต่างกัน โดยบรรณราศี (2546) เริ่มนับเวลาตั้งแต่แทงช่อดอก แต่ในการศึกษาครั้งนี้นับเวลาหลังจากดอกบาน ซึ่งระยะแทงช่อดอกถึงดอกของลำไยใช้เวลามากกว่า 30 วัน (บุญชาติ, 2551)

นอกจากนี้บรรณราศี (2546) ยังรายงานว่าหากนับอายุตั้งแต่ระยะติดผลถึงเก็บเกี่ยว พบว่า

ปริมาณความร้อนสะสมอยู่ที่ 2,474 GDD ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ แต่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าคือ 139 วันหลังติดผล เมื่อเทียบกับระยะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวครั้งนี้ ที่อยู่ประมาณ 172-176 วัน ทั้งนี้อาจจะเกิดจากการศึกษาของบรรณราศี (2546) เป็นการศึกษากับลำไยในฤดู ที่ผลลำไยมีการพัฒนาผ่านช่วงฤดูร้อน ในขณะที่การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาลำไยนอกฤดู ที่ผลลำไยมีการพัฒนาผ่านช่วงฤดูหนาว ซึ่งอุณหภูมิโดยเฉลี่ยจะต่ำกว่าในช่วงฤดูร้อน การพัฒนาผลจึงใช้เวลาต่างกัน

ปริมาณความร้อนสะสมที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว ที่มีการศึกษามา พบว่ามีความแตกต่างกัน นอกจากเกิดจากฤดูการผลิตลำไยที่แตกต่างกันแล้ว อาจเกิดจากการนับวันเริ่มต้นที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลถึงระยะเวลาในการสะสมความร้อนด้วย เช่น ในรายงานของ Diczbalis and Drinnan (2007) ที่ศึกษาปริมาณความร้อนสะสมของลำไยพันธุ์โคฮาลา (Kohala) และพันธุ์เบี้ยวเขียว (Biew Kiew) ซึ่งปลูกในออสเตรเลียพบว่า มีปริมาณความร้อนสะสมก่อนการเก็บเกี่ยวเท่ากับ 2,902.3 และ 3,431.8 GDD ตามลำดับ ปริมาณความร้อนสะสมและระยะเวลาพัฒนาการของผลที่สูงมากนี้ อาจจะมาจากการคำนวณปริมาณความร้อนสะสมในลำไยตั้งแต่วันราดสารจนถึงวันแรกของการเก็บเกี่ยว ซึ่งในพันธุ์โคฮาลาใช้เวลา 232.8 วัน ขณะที่พันธุ์เบี้ยวเขียวใช้เวลา 244.6 วัน การนับวันเริ่มต้นจากวันราดสารโดยที่ดอกและผลลำไยยังไม่เริ่มพัฒนา ทำให้ปริมาณความร้อนสะสมที่คำนวณได้ไม่สอดคล้องกับระยะพัฒนาการของผลที่เกิดขึ้นจริง นอกจากนี้ปริมาณความร้อนสะสมที่แตกต่างกันนี้ อาจจะเกิดจากการใช้อุณหภูมิพื้นฐานในการคำนวณที่แตกต่างกันเนื่องจากในช่วงแรกที่มีการศึกษาเรื่องปริมาณความสะสมในลำไย มีการใช้อุณหภูมิพื้นฐานของพืชที่ใกล้เคียงแทน เช่น ในการศึกษาของ Diczbalis and Drinnan (2007) ใช้อุณหภูมิพื้นฐานที่ 12 องศาเซลเซียส ซึ่งอ้างอิงมาจากการศึกษาในมะม่วง ในขณะที่ บุญชนะ และมนตรี (2551; 2552) ใช้อุณหภูมิพื้นฐาน 10 องศาเซลเซียสที่อ้างอิงจากการศึกษาในแอปเปิล แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้อุณหภูมิพื้นฐานที่ 10.76 องศาเซลเซียส ซึ่งได้จากการศึกษาในลำไยพันธุ์ดอ (Jaroenkit *et al*., 2014) การใช้อุณหภูมิพื้นฐานที่แตกต่างกัน หรือนับวันเริ่มต้นที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ปริมาณความร้อนสะสมที่แตกต่างกันด้วย การเลือกใช้ปริมาณความร้อนสะสม เพื่อใช้เป็นเกณฑ์หนึ่งสำหรับการเก็บเกี่ยวลำไย จึงควรมีข้อกำหนดถึงอุณหภูมิพื้นฐาน วันเริ่มต้นถึงวันเก็บเกี่ยวเมื่อใด ช่วงฤดูการผลิต และสภาพทางภูมิศาสตร์ เพื่อจะได้ข้อมูลที่ชัดเจนสำหรับการนำไปใช้ต่อไป

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนสะสมกับพัฒนาการของผลลำไย

ปริมาณความร้อนสะสมที่คำนวณมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักผลและอายุวัน อายุผล ระยะเวลาหลังดอกบาน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ของจำนวนวันหลังดอกบานและน้ำหนักผลเท่ากับ 0.931 จำนวนวันหลังดอกบานกับปริมาณความร้อนสะสมเท่ากับ 0.996 และน้ำหนักผลกับปริมาณความร้อนสะสมเท่ากับ 0.929 (Table 4) ซึ่งแสดงให้เห็นปริมาณความร้อนสะสมในช่วงเวลาดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับระยะพัฒนาการของผลลำไย เมื่อนำความสัมพันธ์ดังกล่าวไปสร้างสมการความสัมพันธ์โดยการเพิ่มเส้นแนวโน้มพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนสะสมกับน้ำหนักผลลำไย

มีความสัมพันธ์แบบพหุนาม สามารถประมาณการน้ำหนักผล (y) จากปริมาณความร้อนสะสม (x) ได้จากสมการ $y = -0.00002(x)^2 + 0.1205(x) - 141.67$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.966 (Figure 3A) ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวันหลังดอกบาน (y) กับปริมาณความร้อนสะสม (x) สามารถคำนวณได้จากสมการเชิงเส้น $y = 0.0557(x) + 31.836$ โดยมีค่า $R^2 = 0.988$ (Figure 3)

Table 4 Correlation coefficient (R) between days after blooming, fruit weight and growing degree day (GDD)

	Days after blooming	Fruit weight	GDD
Days after blooming	1.000		
Fruit weight	0.931	1.000	
GDD	0.996	0.929	1.000

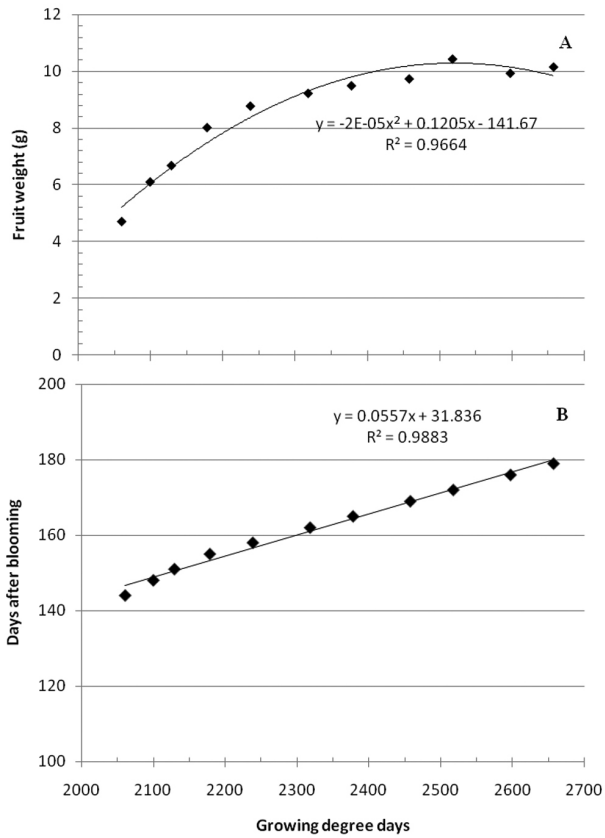

Figure 3 Correlation between growing degree day (GDD) with fruit weight (A) and growing degree day (GDD) with days after blooming (B)

สรุปผลการศึกษา

ลำไยนอกฤดูที่มีการชักนำให้ออกดอกในช่วงปลายเดือนกรกฎาคมและเก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนธันวาคม-มกราคมของปีถัดไป มีระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวประมาณ 172-176 วันหลังดอกบาน มีปริมาณความร้อนสะสม (growing degree day) อยู่ในช่วง 2,330-2,366 GDD โดยผลที่เก็บเกี่ยวในระยะเวลาดังกล่าวมีลักษณะและคุณภาพผลตามเกณฑ์มาตรฐานของการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดู นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของผล (น้ำหนักผล, y) กับปริมาณความร้อนสะสม (x) ซึ่งสามารถช่วยให้ประมาณการน้ำหนักของผลจากการแทนค่าด้วยปริมาณความร้อนสะสม ตามสมการ $y = -0.00002(x)^2 + 0.1205(x) - 141.67$ โดยมี $R^2 = 0.966$ อย่างไรก็ตาม การนำปริมาณความร้อนสะสมไปใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการเก็บเกี่ยวลำไยจำเป็นต้องพิจารณาจากค่าอุณหภูมิพื้นฐานและวันเริ่มต้นที่ใช้คำนวณปริมาณความร้อนสะสมด้วย เป็นตัวแปรทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ส่งผลต่อคุณภาพของลำไยในระยะเก็บเกี่ยวได้

เอกสารอ้างอิง

ดาวเรือง ศรีกอก. 2530. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเก็บผลลำไยพันธุ์ดอ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ทรงศักดิ์ ธรรมจำรัส ธีรนุช เจริญกิจ พาวิน มะโนชัย และเสกสันต์ อุสสาหตานนท์. 2552. การหาดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดูโดยวิธีการคำนวณปริมาณความร้อนสะสม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40(พิเศษ)(3): 194-197.

บรรณราศี โพธิพฤกษ์. 2546. อุณหภูมิที่ทำให้ลำไยหยุดการเจริญเติบโต หน่วยความร้อนสะสมระหว่างการเจริญเติบโตของผลลำไยและผลของการวางเมล็ดในวัสดุเพาะและระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดต่อการงอกของเมล็ดลำไย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญชนะ วงศ์ชนะ และมนตรี อิสรไกรศีล. 2551. การเติบโตและพัฒนาของผลลำไยพันธุ์ดอในภาคใต้. หน้า 86. *ใน*: บทคัดย่อ การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7 พืชสวนไทยใต้ร่มพระบารมี. 26-30 มิถุนายน 2551 ณ โรงแรมอมรินทร์ลากูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก.

บุญชนะ วงศ์ชนะ และมนตรี อิสรไกรศีล. 2552. การเติบโตและพัฒนาของผลลำไยพันธุ์ดอในจังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิชาการเกษตร 27(2): 151-158.

บุญชาติ คติวัฒน์. 2551. ผลของสารโพแทสเซียมคลอเรตต่อการออกดอกและติดผลของลำไยพันธุ์อีดอในรอบปี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

Diczbalis, Y. and J. Drinnan. 2007. Floral Manipulation and Canopy Management in Longan and Rambutan (RIRDC Publication no 07/031). The Rural Industries Research and Development Corporation, Australian Government, Kington Australia.

Jaroenkit, T., S. Ussahatanonta, S. Thamjumrat and C. Sritontip. 2014. Determination of longan (*Dimocarpus longan* 'Daw') baseline temperature in Thailand. Acta Hort. 1029: 163-168.

Raghavendraprasad, G. C., P. H. Ashok. and N. Adivappar. 2004. Heat unit as a maturity index for certain mango cultivars. Karnataka. Journal of Hort. 1(1): 73-76.

Salazar, D. M., P. Melgarejo, R. Martinez, J. J. Martinez, F. Hernandez and M. Burguera. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L). Scientia Hort. 108: 157-161.