ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อลักษณะทางกิ่งใบและการให้ดอกผลของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

Effects of 4 Training Systems in High Density Planting on Vegetative and Reproductive Characteristics of Java Apple (*Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & Perry) cv. Thabthimchan in the First Bearing Year

คำนำ

ชมพู่เป็นผลไม้บริโภคสดที่มีคุณค่าทางอาหารหลายประการ อุดมไปด้วยวิตามินเอ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546ก) และมีสารปฏิชีวนะ (Morton, 1987) จัดเป็นไม้ผลเพื่อสุขภาพมีสารเคมีตกค้างน้อย (เปรมปรี, ม.ป.ป.) ชาวไต้หวันนำดอกมาใช้เป็นยาแก้ไข้และแก้โรคท้องร่วง (Anonymous, 2003) เนื้อผลนำมาปรุงเป็นยาหอม ยาชูกำลัง ทำให้จิตใจเบิกบาน แก้อ่อนเพลีย (สุพจน์, 2543) นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปแปรรูปได้ เช่น ทำแยม เยลลี่ แช่อิ่ม ชมพู่แห้ง น้ำชมพู่ และไวน์ชมพู่ (เปรมปรี, 2538; กลุ่มเกษตรสัญจร, 2541; สุพจน์, 2543; ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546)

ประเทศที่มีการปลูกชมพู่มาก คือ ไต้หวัน รองลงมาได้แก่ มาเลเซีย ออสเตรเลีย อเมริกากลาง และอเมริกาใต้ (Nakasone and Paull, 1998) ในไต้หวันชมพู่ถือเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ (Shü *et al*., 1996) ปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่ปลูก 50, 218 ไร่ มีผลผลิตออกสู่ตลาด 94,034 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 2,900 ล้านบาท/ปี พันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่พันธุ์ Pink, Large White และ Long Red (ชินวัฒน์, 2546) สำหรับประเทศไทย ปัจจุบันชมพู่ได้กลายมาเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของเกษตรกรในหลายจังหวัดของประเทศไทย และเป็นไม้ผลเศรษฐกิจเพื่อการส่งออก (อัญชลี, 2546) รวมทั้งเป็นไม้ผลที่ให้ผลตอบแทนสูง (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) ปี พ.ศ. 2546 มีพื้นที่ปลูกรวม 60,213 ไร่ ให้ผลแล้ว 53,052 ไร่ ยังไม่ให้ผล 7,161 ไร่ มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 82,324 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) แหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ที่จังหวัด นครปฐม สมุทรสาคร เพชรบุรี และราชบุรี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546ข) ในด้านการตลาดนั้นส่วนใหญ่เป็นตลาดภายในประเทศ ส่วนตลาดส่งออก มีการส่งออกไปยังประเทศ ฮ่องกง ไต้หวัน สิงคโปร์ มาเลเซีย และอินโดนีเซีย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546ก)

ปัจจุบันการจัดทรงพุ่มและการตัดแต่งนิยมทำกันมากขึ้น (ประทีป, 2540) ในต่างประเทศนักวิชาการและเกษตรกรได้จัดทรงต้นไม้ผลหลายแบบกับไม้ผลหลายชนิด โดยเฉพาะไม้ผลเขตหนาว เช่น แอปเปิล ท้อ เชอรี่ เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน เพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิต สำหรับชมพู่ หากปล่อยให้ต้นชมพู่เจริญเติบโตตามธรรมชาติจะมีขนาดทรงต้นที่ใหญ่และสูงมาก (นิทยา, 2546ก) และจะแตกกิ่งออกมามากจนทรงพุ่มแน่นทึบทำให้ต้นไม่สามารถเลี้ยงกิ่งได้ทั้งหมด จึงมักพบว่ามีกิ่งตายติดอยู่กับลำต้นมากและกิ่งใหญ่ทำให้ออกดอกติดผลน้อยลง (สุพจน์, 2543) อีกทั้งยังเป็นแหล่งสะสมโรคและแมลง และทำให้การปฏิบัติงานภายในแปลงปลูก เช่น การห่อผล การพ่นสารเคมีและการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ทำได้ยากและช้า ซึ่งเทคโนโลยีการจัดทรงพุ่มและการตัดแต่งกิ่งสำหรับชมพู่นั้น พบว่าในไต้หวันก้าวหน้าไปไกลมาก มีการจัดทรงต้นแบบพีระมิดแปลง (นิทยา, 2546ข) และแบบ bald cut ซึ่งเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน (Shü, 2002) ส่วนในประเทศไทยมีการจัดทรงต้นชมพู่ 2 แบบใหญ่ ๆ คือ แบบเปิดพุ่มกลางและแบบพีระมิดแปลง (นิทยา, 2546ก) ซึ่งเมื่อต้นชมพู่มีอายุมากขึ้นจะมีขนาดทรงพุ่มใหญ่ สามารถปลูกได้จำนวนต้นต่อพื้นที่น้อยและไม่สะดวกต่อการปฏิบัติงานในแปลงและเกษตรกรมักทำการจัดทรงพุ่มในระยะที่ต้นโตแล้ว ซึ่งจะเป็นการฝืนกิ่งมากเกินไป อาจทำให้เสียรูปทรง ชะงักการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตล่าช้าออกไปได้ ดังนั้นจึงควรจัดทรงต้นในขณะที่ต้นยังมีอายุน้อย เพื่อให้มีโครงสร้างที่แข็งแรงควบคุมทรงพุ่มให้มีขนาดเล็ก ซึ่งจะทำให้การจัดการง่ายและสะดวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการห่อผล การพ่นสารเคมี และการเก็บเกี่ยวผล ทำให้การจัดการต้นทุนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด ในปัจจุบันมีการนำความรู้เรื่องการจัดทรงต้นไม้ผลเขตหนาวมาประยุกต์ใช้กับไม้ผลเขตร้อนบ้างแล้วเช่น มะม่วง (Fivaz and Stassen, 1996; Campbell and Wasielewski, 2000) มะเฟือง (Syed Mohd and Wong, 1996) ฝรั่ง (ดวงใจ, 2544) มังคุด (Masri, 1996) เป็นต้น สำหรับชมพู่ปัจจุบันมีการนำรูปแบบการจัดทรงต้นและการตัดแต่งกิ่งมาประยุกต์ใช้บ้างแล้ว เช่น ที่สวนเจริญพีระวัฒน์ ต. กระแสบน อ. แกลง จ. ระยอง (นิทยา, 2547) แต่ยังไม่มีข้อมูลทางวิชาการเกี่ยวกับการจัดทรงต้นของชมพู่เลย

แม้ว่าการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดทรงต้นไม้ผลเขตร้อนยังอยู่ในระยะเริ่มต้นและมีข้อมูลที่นำไปใช้ได้อยู่น้อยมาก แต่ก็อาจนำผลงานวิจัยด้านนี้ที่มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางในไม้ผลเขตหนาวมาประยุกต์ใช้กับไม้ผลเขตร้อนได้ (กวิศร์, 2546) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการศึกษาเพื่อหาข้อมูลทางด้านลักษณะทางกิ่งใบและการให้ดอกผลบางประการของชมพู่ที่เกิดจากการจัดทรงต้น 4 แบบ เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกรูปทรงต้นที่เหมาะสมในการผลิตชมพู่ เช่น การเจริญเติบโตของต้น การให้ดอกผล ปริมาณและคุณภาพผล และความสะดวกในการปฏิบัติงานในแปลงปลูก เป็นต้น โดยมีสมมุติฐานว่าการจัดทรงต้น ที่ใช้ได้ผลแล้วกับไม้ผลเขตหนาวสามารถนำมา

ประยุกต์ใช้กับไม้ผลเขตร้อน คือ ชมพู่ ทำให้ได้ผลผลิตเร็วขึ้น ผลผลิตสูง และมีคุณภาพผลดีขึ้น โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อให้ทราบข้อมูลลักษณะทางกิ่งใบ การออกดอกติดผล การให้ผลผลิตและคุณภาพผลของชมพู่ในการปลูกระยะชิดที่มีรูปทรงต้น 4 แบบที่แตกต่างกัน

2. เพื่อหารูปทรงต้นที่มีการรับแสงดี ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีขึ้น ปฏิบัติงานได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น

3. เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสม และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ของกิ่งและใบในช่วงเดือนต่าง ๆ ที่ได้รับอิทธิพลจากการจัดรูปทรงต้น 4 แบบที่แตกต่างกัน

การตรวจเอกสาร

ชมพู่เป็นไม้ผลเขตร้อน สันนิษฐานว่ามีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีการแพร่กระจายพันธุ์จากอินเดียผ่านเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ไปจนถึงหมู่เกาะแปซิฟิก (Panggabean, 1992) นอกจากนี้ยังพบบ้างในอิสราเอลแต่มีอยู่น้อยมาก (Morton, 1987) เป็นไม้ผลวงศ์เดียวกับ ฝรั่ง หว้า และยูคาลิปตัส (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546ก) อยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีอยู่ 3 ชนิด (species) คือ *Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & Perry มีชื่อพ้องว่า *Eugenia javanica* Lamk. , *Myrtus samarangensis* Blume, *Eugenia mananquil* Blanco และ *Jambosa alba* Blume มีชื่อสามัญว่า wax apple, java apple และ wax jambu เช่น ชมพู่แก้มแหม่ม ชมพู่เขียว ชมพู่นาก เป็นต้น *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry มีชื่อพ้องว่า *Eugenia malaccense* L., *Jambosa malaccensis* (L.) D.C. และ *Eugenia domestica* Baillon มีชื่อสามัญว่า Malay apple เช่น ชมพู่ม่าเหมี่ยว ชมพู่สาแหรก เป็นต้น *Syzygium aqueum* (Burm.f.) Alston มีชื่อพ้องว่า *Eugenia aquea* Burm.f. และ *Eugenia mindanaensis* C.B. Robinson มีชื่อสามัญว่า water apple หรือ bell fruit เช่น ชมพู่ป่า เป็นต้น โดยชนิดที่นิยมปลูกมากที่สุด คือ *Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & Perry ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์สำหรับบริโภคเป็นส่วนใหญ่แต่บางชนิดเช่น *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry มักนิยมปลูกเป็นไม้ประดับบริเวณบ้านในแถบอเมริกาและอเมริกาใต้ ส่วน *Syzygium aqueum* (Burm.f.) Alston นั้นพบขึ้นอยู่ตามป่า (Panggabean, 1992)

ชมพู่นับเป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่คนไทยรู้จักคุ้นเคยกันมานาน ในอดีตนิยมปลูกเป็นไม้ผลหลังบ้าน เพื่ออาศัยร่มเงา เนื่องจากเป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) มีการแตกยอดและกิ่งก้านตลอดทั้งปี (นิทยา, 2546ก) ปัจจุบันการปลูกในเชิงการค้ามีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นมีพันธุ์การค้าอยู่หลายพันธุ์ (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) ได้แก่พันธุ์ทูลเกล้า เพชรสายรุ้ง เพชรสามพราน เพชรจินดา เพชรน้ำผึ้ง นัมเบอร์วัน มานาลากี (แดงอินโด) ทับทิมจันท์ เป็นต้น ซึ่งแต่ละพันธุ์ ก็มีความหลากหลายของทรงผล รสชาติ สีผิวที่แตกต่างกันออกไป (เปรมปรี, ม.ป.ป.) ปัจจุบันพันธุ์ทับทิมจันท์ เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกและมีการขยายพื้นที่ปลูกมากที่สุด (เอื้องฟ้า, 2543) เนื่องจากมีคุณสมบัติที่โดดเด่น คือ มีคุณภาพผลอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าพันธุ์อื่น (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซีย และแนะนำพันธุ์ออกสู่ตลาดในปี พ.ศ. 2541 โดยนายประเทือง อายุเจริญ ชาวสวนอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี มีชื่อเรียกพันธุ์หลายชื่อได้แก่ จิตรา (อินโดนีเซีย) ทับทิมจันท์ ทองสามสี และเพชรอินโด (เปรมปรี, ม.ป.ป.) โดยมีลักษณะทั่วไป คือ เป็นพันธุ์ที่มีใบใหญ่และหนา ความกว้างใบ 11 เซนติเมตร ความยาวใบ 20-25 เซนติเมตร ปลายใบ

เป็นแบบ cuspidate มีฐานใบแบบ obtuse ข้อใบค่อนข้างถี่ ลักษณะการออกดอก จะทยอยออกหลังจากฝนทิ้งช่วงหรือหลังงดการให้น้ำ ประมาณ 1 เดือน โดยธรรมชาติจะออกดอกประมาณเดือนธันวาคม เก็บเกี่ยวผลชุดแรกในเดือนกุมภาพันธ์และจะออกดอกชุดใหญ่ตามมาอีกสองชุด ลักษณะของผล คือ มีรูปร่างผลทรงระฆัง ผลกว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 9 เซนติเมตร มีสีแดงเข้ม มีสันขึ้นเป็นแนวตามยาวของผล มีน้ำหนักผล 120-130 กรัม ความแน่นเนื้อสูง มีความหวาน 12-13 องศาบริกซ์ โดยทั่วไปไม่มีเมล็ดแต่บางฤดูก็มีเมล็ด (สุพจน์, 2543) ข้อด้อยของพันธุ์ทับทิมจันท์ คือเป็นพันธุ์ที่ออกดอกช้าและยากกว่าพันธุ์อื่น (เอื้องฟ้า, 2543) ผลร่วงง่าย จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการเข้าทำลายของโรคและแมลง สภาพอากาศที่ร้อนมากขึ้นความเสียหายก็จะมากขึ้นตาม โดยช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ผลจะร่วงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เดือนมีนาคม-เมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ทำให้ผลร่วงสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ (วัชรา, 2541) การดูแลรักษาชมพู่สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ต้นเล็กยังไม่ให้ผลผลิตและระยะที่ต้นให้ผลแล้ว การให้ปุ๋ยในระยะที่ต้นยังเล็กอยู่จะเน้นการใส่ปุ๋ยคอกโดยใส่ปีละ 2 ครั้ง ในช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง และใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจนสูงทุก 2 เดือนต่อครั้ง ส่วนในต้นที่ให้ผลแล้วใส่เพียงครั้งเดียวในช่วงฤดูฝนประมาณเดือนมิถุนายนและใส่ปุ๋ยเคมีตามระยะการพัฒนาการในช่วงต่าง ๆ ดังนี้ ระยะออกดอกติดผลและการพัฒนาของผลจะเน้นการให้ปุ๋ยสูตรที่มีธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง โดยใส่ครั้งที่ 1 ก่อนออกดอกประมาณเดือนตุลาคม ครั้งที่ 2 ช่วงเดือนมกราคม และครั้งที่ 3ใส่เพื่อบำรุงต้นพร้อมกับการใส่ปุ๋ยคอกช่วงเดือนมิถุนายน นอกจากนี้ยังมีการให้ปุ๋ยเสริมทางใบช่วงก่อนออกดอกและหลังติดผลไปแล้ว (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2541) การให้น้ำจะให้ครั้งละประมาณ 20-30 ลิตร ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและต้องสอดคล้องกับระยะการเจริญเติบโต โดยช่วงก่อนออกดอกจะทำการงดน้ำเพื่อบังคับให้ออกดอก (เปรมปรี, 2538) วิธีการให้น้ำแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะตามสภาพพื้นที่ คือ พื้นที่ลุ่มมักปลูกแบบยกร่องจึงให้น้ำโดยการใช้เรือพ่นน้ำและพื้นที่ดอนส่วนมากจะให้น้ำโดยใช้ระบบสปริงเกลอร์ (สุพจน์, 2543) การตัดแต่งกิ่งมักทำหลังจากเก็บเกี่ยวผลเรียบร้อยแล้วในช่วงเดือนมิถุนายน (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) การตัดแต่งผลและการห่อผล ทำการตัดแต่งผลให้เหลือ 2-3 ผลต่อช่อ จากนั้นห่อผลด้วยถุงพลาสติกใส ขนาด 6×14 นิ้ว หรือขนาด 8×16 นิ้ว ที่ตัดมุมก้นถุงทั้งสองข้างเพื่อให้น้ำและอากาศสามารถระบายออกได้ (เปรมปรี, ม.ป.ป.)

ลักษณะการเจริญเติบโตและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ชมพู่เป็นไม้ผลยืนต้นหรือไม้พุ่มไม่ผลัดใบ (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง มีความสูงประมาณ 5-10 เมตร ลำต้นสั้น คดงอ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25-50 เซนติเมตร กิ่งมักแตกออกบริเวณใกล้กับโคนต้น ทรงพุ่มแผ่กว้าง ไม่มีรูปทรงต้นที่แน่นอน(Panggabean, 1992; Shü *et al*., 1996; Nakasone and Paull, 1998) มีการเจริญเติบโตเร็วมาก ตามธรรมชาติมีการแตกยอดและกิ่งก้านใหม่เกือบตลอดทั้งปี ประมาณ 3–4 เดือนต่อครั้ง (นิทยา, 2546ก) ยอดใหม่แตกออกมา 1 ชุด (flush) จะมีเท่ากับหรือมากกว่า 1 ยอด และจะแตกมากน้อยขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ (Panggabean, 1992) ลักษณะการออกดอกจะออกเป็นช่อตามซอกใบหรือตามข้อใบที่ร่วงไป (เปรมปรี, 2538) ทั้งกิ่งในทรงพุ่ม ปลายกิ่งและปลายยอดซึ่งมีไม่มากนัก (ทองดี, 2541) และส่วนใหญ่ดอกจะออกตามกิ่งที่มีอายุมากกว่า 1 ฤดูหรือกิ่งแก่ (นิทยา, 2546ก) ช่อดอกหนึ่งมี 3–30 ดอก (ไพโรจน์, 2545) ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (สุพจน์, 2543) กลิ่นหอมคล้ายดอกกุหลาบ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546ก) นิสัยการออกดอกของชมพู่จะทยอยออกดอกเป็นรุ่น (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2541) ตามปกติชมพู่ในฤดูจะเริ่มออกดอกช่วงหมดฤดูฝน คือตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมเรื่อยไป (อัญชลี, 2546) ในประเทศไทยพอจัดได้เป็น 2 รุ่น คือ รุ่นแรกประมาณเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน รุ่นที่ 2 เริ่มประมาณเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม (เปรมปรี, ม.ป.ป.) การออกดอกของชมพู่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ พันธุ์ สภาพแวดล้อม และการปฏิบัติดูแลรักษา (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) ส่วนผลของชมพู่เป็นแบบ pome เกิดจาก inferior ovary ฐานรองดอกขยายขนาดใหญ่ขึ้นกลายเป็นเนื้อผล (สมบุญ, 2537) ลักษณะผลมีรูปร่างคล้ายระฆังคว่ำ ผิวผลมันวาว มีสีผลแตกต่างไปตามพันธุ์ (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) ผลสุกแก่หลังจากดอกบาน 30-40 วัน (Panggabean, 1992)

ชมพู่เป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ทุกสภาพพื้นที่ ต้องการแสงตลอดทั้งวัน (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) ในการผลิตเชิงการค้า ดินจะต้องมีความอุดมสมบูรณ์ และต้องใส่อินทรียวัตถุบำรุงดินบ่อยครั้ง (Shü *et al*., 1996) สามารถเจริญเติบโตได้ดี แม้ที่ระดับความสูง 1200 เมตร จากระดับน้ำทะเล (Morton, 1987) ดินที่เหมาะสม คือ ดินร่วนและดินร่วนเหนียว มีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5– 6.5 และต้องมีน้ำอุดมสมบูรณ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546ข) โดยเฉพาะในช่วงของการออกดอกและติดผลจะมีความต้องการน้ำมากเป็นพิเศษ (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2541) นอกจากนี้ยังเป็นไม้ผลที่มีความไวต่อสภาพอากาศที่หนาวเย็นสามารถทนทานสภาพอุณหภูมิที่ลดต่ำลงกว่า 10 °C ได้ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (Joyner, 2003)

ระบบปลูกไม้ผล

ระบบปลูก หมายถึง การปลูกพืชโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างระยะปลูกกับทรงต้น ซึ่งระยะปลูก คือ ระยะห่างระหว่างต้นและระยะห่างระหว่างแถว ส่วนทรงต้น คือโครงสร้างของพุ่มต้น (framework) ซึ่งมีหลายแบบแตกต่างกัน (รวี, 2540) Sansavini and Musacchi (2002) กล่าวว่า ระบบรูปทรงต้นของพืชเป็นส่วนที่สำคัญมากที่ต้องพิจารณาในการออกแบบสวน เนื่องจากเป็นตัวแปรหลักที่ใช้กำหนดระยะปลูก ความหนาแน่นของจำนวนต้นต่อพื้นที่ปลูกโดยเฉพาะในระบบปลูกแบบ high density planting ดังนั้นการที่ต้นไม้มีรูปทรงต้นเล็กก็จะส่งผลให้ระยะปลูกแคบลง ทำให้มีจำนวนต้นต่อหน่วยพื้นที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ทำให้ระบบปลูกเปลี่ยนไปจากเดิม (กวิศร์, 2546) Morgas and Mika (2001) ได้ศึกษาผลของระบบปลูกและการจัดทรงต้นแบบต่าง ๆ กับท้อพันธุ์ Harnas พบว่าระบบปลูกและการจัดทรงต้นมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต โดยระบบทรงต้นมีผลต่อปริมาณผลผลิตต่อต้น ส่วนระบบปลูกมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณผลผลิตต่อเฮกตาร์ และระบบปลูกที่มีจำนวนต้นต่อพื้นที่มากจะทำให้น้ำหนักผลเฉลี่ยลดลง ระบบปลูกไม้ผลมีพัฒนาการดังนี้ ในอดีตระบบปลูกไม้ผลนั้นจะเป็นแบบเก่า (traditional system) โดยมีการปฏิบัติอ้างอิงกับธรรมชาติของต้นไม้เป็นหลัก ใช้รูปทรงตามธรรมชาติของต้นไม้และใช้ระยะปลูกห่างมากเพื่อต้องการให้ขยายขนาดพุ่มต้นได้เต็มที่เพราะต้องการผลผลิตต่อต้นปริมาณมาก มีการนำเครื่องจักรกลมาใช้ในสวนน้อยเพราะมีแรงงานจำนวนมากและราคาต่ำ (รวี, 2540) ต่อมาประสบปัญหาเรื่องการขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรและค่าแรงงานสูงขึ้น การปฏิบัติงานในแปลงทำได้ยาก ผลผลิตและคุณภาพลดลง เช่น ในรัฐวอชิงตัน พบว่า เชอรี่หวาน (sweet cherry) ที่ใช้ระบบปลูกแบบเก่านั้นจะมีต้นที่สูง ทรงพุ่มแผ่กว้าง ทำให้การเก็บเกี่ยวผลและการตัดแต่งกิ่งทำได้ยากเพราะต้องใช้บันได ต้องจ่ายค่าแรงงานสูงขึ้นและประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน (Whiting *et al*., 2005) ดังนั้นในปัจจุบันจึงแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการเปลี่ยนมาใช้ระบบปลูกแบบใหม่ (modern system) โดยควบคุมให้มีความสูงและขนาดเล็กลง ส่งผลให้มีจำนวนต้นปลูกต่อพื้นที่มากขึ้น Mohammed and Wilson (1984) ได้เปรียบเทียบความแตกต่างระบบปลูกแบบเก่า (traditional system) กับระบบปลูกแบบใหม่ (modern system) ดังปรากฏในตารางที่ 1 และจำแนกระบบปลูกแบบใหม่ตามความหนาแน่นของจำนวนต้นต่อเฮกตาร์ ดังต่อไปนี้

1. Medium high density planting (mhdp) หรือ Semi-intensive system มีจำนวนต้น 500-1,500 ต้นต่อเฮกตาร์ ได้แก่

Bush orchard system ระบบนี้ต้นจะมีลักษณะเป็นพุ่มโดยการใช้พันธุ์เตี้ย หรือต้นตอแคระควบคุมความสูงของต้น มีการจัดทรงต้นแบบ modified central leader หรือทรงต้นแบบอื่น ๆ ใช้ต้นทุนต่ำกว่า 2 ระบบ ที่จะกล่าวต่อไป เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช และสำหรับพันธุ์ที่ไม่สามารถปลูกด้วย intensive system ให้ผลตอบแทนช้ากว่า intensive system (Mohammed and Wilson, 1984)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของ traditional system และ modern system (Mohammed and Wilson, 1984)

ลักษณะ	Traditional system	Modern system
จำนวนต้น	ต้นขนาดใหญ่ จำนวนไม่มาก (ประมาณ 150-200 ต้นต่อเฮกตาร์)	ต้นขนาดเล็กจำนวนมาก
อายุให้ผลครั้งแรก	ช้า (ประมาณ 6-8 ปี หรือมากกว่า)	เร็ว (ประมาณ 2-3 ปี)
ผลผลิต	ต่ำ (ประมาณ 15-23 ตันต่อเฮกตาร์)	เพิ่มขึ้น (ประมาณ 30-50 ตันต่อเฮกตาร์)
การจัดการ	ยากเพราะต้นขนาดใหญ่	ง่ายเพราะต้นเล็ก
แรงงาน	ต้องการแรงงานมากกว่า	ต้องการแรงงานน้อยกว่า
ต้นทุนการผลิต	สูง	ลดต้นทุนการผลิต
การเก็บเกี่ยว	ยาก (แรงงานคน)	ง่ายโดยใช้เครื่องจักร
คุณภาพผลิตผล	ด้อยกว่า	ดีกว่าเพราะพุ่มเล็กแสงส่องได้ทั่วถึง
ต้นทุนการสร้างสวน	ต่ำ	สูง
เครื่องจักรกล	ไม่ต้องการเครื่องจักรราคาแพง	ต้องการเครื่องจักรราคาแพง

2. Optimum high density planting (ohdp) หรือ Intensive system มีจำนวนต้น 1500-10000 ต้นต่อเฮกตาร์ ได้แก่

Tatura trellis system เป็นการปลูกพืชเป็นแถวมีทรงต้นเป็นรูปตัววี (V-shape) ในแนวทิศเหนือ-ใต้ พัฒนาขึ้นโดย Tatura Research Station ในรัฐวิคตอเรีย ประเทศออสเตรเลีย ในปี ค.ศ. 1973 เพื่อให้สามารถใช้เครื่องจักรช่วยในการเก็บเกี่ยวผล โดยระยะปลูก1-2 เมตร×4.5-6 เมตร มีจำนวนต้นปลูก 1,500-2,500 ต้นต่อเฮกตาร์ เป็นระบบที่ให้ผลตอบแทนเร็วและเพิ่มกำไรให้แก่ผู้ปลูกแต่ต้องลงทุนสูง (Forshey *et al*., 1992; Somerville, 1996)

Pyramid system ปลูกพืชความหนาแน่นมากกว่า 3,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ขึ้นไป ต้นถูกจัดทรงแบบ center-leader pyramid มีความสูงและแผ่กว้างสูงสุด 4 เมตร ระบบนี้จะหลีกเลี่ยงปัญหาเกี่ยวกับการแผ่กระจายของละอองน้ำ การบังเงาของตาดอก สีผลอ่อนและการเก็บเกี่ยวยาก เหมาะสำหรับต้นไม้ที่ไม่ต้องมีหลักยึดและตัดแต่งในฤดูร้อน (Mohammed and Wilson, 1984)

Cordon system เป็นระบบที่ใช้ในฝรั่งเศส โดยใช้ต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ดเป็นต้นตอ มีระยะปลูก 4 × 1 เมตร มีจำนวนต้น 2,500 ต้นต่อเฮกตาร์ ไม่ต้องใช้หลักยึด (Mohammed and Wilson, 1984) แตกต่างกับ Brickell (1979) และ Joyce (1994) ที่กล่าวว่าระบบ cordon เป็นระบบที่ต้องการระบบโยงยึดถาวร โดยขึงสายโยงยึดสูงจากพื้นดิน 60 120 และ 180 เซนติเมตร ซึ่งการปลูกต้นไม้ผลในระบบนี้สามารถทำได้หลายแบบ แต่โดยทั่วไปมักปลูกแบบ single oblique cordon

Curtain system เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นในฮังการี เพื่อให้สามารถใช้สำหรับการติดตั้งเครื่องเก็บเกี่ยวและเครื่องตัดแต่งกิ่ง โดย Gyuro และคณะในปี ค.ศ.1980 สำหรับการปลูกแอปเปิล โครงร่างของ Curtain คือ มี central leader 1 หรือ 2 คู่ มีจำนวนต้น 3,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ต้นสูง 3.2 เมตร พันธุ์ที่ใช้จะต้องมีกิ่งเรียวยาวและให้ผลมาก ผลผลิตของแอปเปิลในระบบ curtain จะเท่ากับ hedgerow orchard เมื่ออายุและความหนาแน่นของต้นเท่ากัน แต่ขนาดและสีของผลแอปเปิลจะดีกว่า hedgerow orchard (Mohammed and Wilson, 1984)

Hedgerow system เป็นระบบที่ใช้สำหรับการผลิต แอปเปิล และท้อ มีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต ร่วมกับการแข่งขันของรากเพื่อลดขนาดของต้น และเป็นรูปแบบเริ่มต้นสำหรับการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวแบบเหนือแถวปลูก (over-row) ใช้ระยะปลูก 30-50 เซนติเมตร×3 เมตร มีจำนวน

ต้น 2,500-10,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ต้นถูกยึดโดยลวดและจัดรูปทรงแบบ vertical cordon สูง 2 เมตร สามารถปลูกพืชเป็นแถวเดี่ยว แถวคู่ หรือหลายแถวได้ แต่แถวเดี่ยวจะมีการกระจายของแสงในทรงพุ่มดี ทำให้ได้ผลมีคุณภาพดี และการจัดการในแปลงง่ายกว่าปลูกแบบหลายแถว (Mohammed and Wilson, 1984) ใน hazelnut ที่ปลูกด้วยระบบ hedgerow system จะให้ผลเร็ว แต่มีกิ่งกระโดงแตกออกมามากกว่าระบบอื่น (Tous *et al*., 1994) นอกจากนี้ยังพบว่ามีการนำระบบนี้มาประยุกต์ใช้กับไม้ผลเขตร้อนหลายชนิด เช่น ฝรั่ง (Chundawat *et al.*, 1992) มะม่วง (Singh *et al*., 2001) ลิ้นจี่ (Rathor *et al*., 2003) เป็นต้น โดยทำให้มีผลผลิตสูงกว่าระบบปลูกแบบอื่น ๆ

3. Ultra high density planting (uhdp) หรือ Super-intensive system มีจำนวนต้น 20,000-100,000 ต้นต่อเฮกตาร์

Meadow orchard system เป็นระบบที่พัฒนาโดย Hudson (1971) และ Luckwill (1978) เพื่อใช้กับการปลูกแอปเปิล มีจำนวนต้นปลูก 70,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ระยะปลูก 30×45 เซนติเมตร ควบคุมต้นให้สูงเพียง 1 เมตร มีทรงต้นแบบ open center leader มี 2 กิ่งหลัก ทำมุมกันคล้ายตัววาย (Y-shape) มีรูปแบบเพื่อให้ผล ภายใน 2 ปี โดยการใช้สารเคมีควบคุมทรงต้นให้เล็กลง ในแอปเปิลปีแรกจะใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตชักนำการสร้างตาดอก พอในปีที่สองจะสร้างดอกและผล หลังจากเก็บเกี่ยวจะตัดให้เหลือเป็นตอสั้น ๆ โดยสลับกิ่งในแต่ละปีเพื่อให้เกิดยอดใหม่แล้วทำซ้ำเป็นวงจร 2 ปี ระบบนี้พัฒนาขึ้นสำหรับแอปเปิลเพื่อใช้เครื่องเก็บเกี่ยวในพื้นที่กว้าง ๆ ไม่เหมาะกับพื้นที่ขนาดเล็ก เพราะต้นทุนของเครื่องจักรสูง แต่ในสวนขนาดเล็กก็อาจใช้ได้เนื่องจากต้นขนาดเล็กสามารถเก็บเกี่ยวโดยคนได้ง่าย ปัจจุบันระบบนี้ยังไม่มีการใช้กับการปลูกแอปเปิลเพื่อการค้าแต่ใช้กับการปลูกท้อเพื่อการค้า (Mohammed and Wilson, 1984; Robinson, 2003)

<u>การจัดทรงต้นและการตัดแต่งกิ่ง</u>

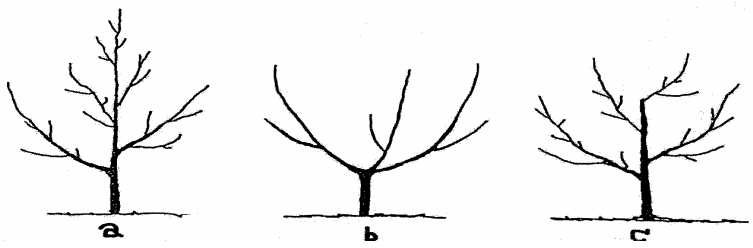
การจัดทรงต้น (training) หมายถึง การจัดโครงสร้างของไม้ผลให้มีโครงสร้างที่แข็งแรง ควบคุมทิศทางการเจริญเติบโตของกิ่งให้รับแสงได้ดีมีขนาดต้นที่เหมาะสม สอดคล้องกับวิธีการปฏิบัติรักษา ส่วนการตัดแต่งกิ่ง (pruning) เป็นกรรมวิธีหรือขั้นตอนการปฏิบัติ หมายถึงการตัดหรือนำเอาส่วนของต้นที่ไม่ต้องการออกไป เพื่อกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตในส่วนที่ต้องการ รวมทั้งการให้ดอกผลที่ดีขึ้น ซึ่งการจัดทรงพุ่มไม้ผลจะต้องคำนึงถึงนิสัยการเจริญเติบโต ธรรมชาติของการออกดอก ลักษณะการติดผล วิธีการเก็บเกี่ยวผล เป็นต้น โดยยึดหลักให้มีพื้นที่ผิวของการรับ

แสงหรือเพื่อการสังเคราะห์แสงที่ดีที่สุด ดังนั้นการจัดทรงต้นจึงเป็นกระบวนการที่จะต้องดำเนินการร่วมกับการตัดแต่งกิ่งอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ คือ การควบคุมโครงสร้างและรูปทรงต้นให้เป็นไปตามต้องการ และยังมีผลต่อการส่งเสริมหรือลดการเจริญเติบโตทางกิ่งใบหรือการให้ดอกผลของไม้ผล (รวี, 2540; กวิศร์, 2546; Forshey *et al*., 1992; George, 2002; Richard *et al*., 2003) ซึ่งการจัดรูปทรงต้นนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ผลที่ต่างกัน เช่น แอปเปิลกับสาลี่เหมาะกับรูปทรงต้นแบบ modified central leader เนื่องจากกิ่งข้างจะแผ่และตั้งขึ้น ท้อ เนคทารีนและพลัม เหมาะกับรูปทรงต้นแบบ open center เนื่องจากลักษณะการแตกกิ่งจากลำต้นอยู่ไม่สูงจากพื้นดินมากนักและแผ่กว้างออกรอบต้น ส่วนในองุ่น และ trailing blackberry ซึ่งเป็นไม้เลื้อยเหมาะกับระบบทรงต้นที่แผ่กระจายบนค้างหรือระบบโยงยึด (Crocker and Williamson, 2003)

<u>รูปแบบต่าง ๆ ของทรงต้นไม้ผล</u>

กวิศร์ (2546) ได้จำแนกรูปทรงต้นไม้ผลเขตหนาวตามยุค เป็น 2 กลุ่ม คือ รูปแบบทรงต้นไม้ผลในระยะที่ยังไม่มีการใช้ต้นตอแคระและระบบค้ำโยงยึด (support system) และรูปแบบทรงต้นไม้ผลหลังจากที่มีการนำต้นตอแคระและระบบค้ำโยงยึดมาใช้

ในอดีตรูปทรงต้นที่นิยม มี 3 แบบ คือ ทรงพีระมิดหรือเลี้ยงยอดกลาง (central leader) ทรงแจกันหรือตัดยอดกลาง (open center) และทรงพีระมิดแปลงหรือดัดแปลงยอดกลาง (modified leader) (Barritt, 1990; Lee *et al*., 2004) (ภาพที่ 1) ปัจจุบันมีการพัฒนารูปทรงต้น เพื่อให้เข้ากับระบบปลูกแบบใหม่ที่เพิ่มจำนวนต้นต่อพื้นที่มากขึ้น และพยายามลดข้อเสียของรูปทรงต้นไม้ผลในอดีต โดยสามารถแยกย่อยเป็นกลุ่มได้ดังนี้



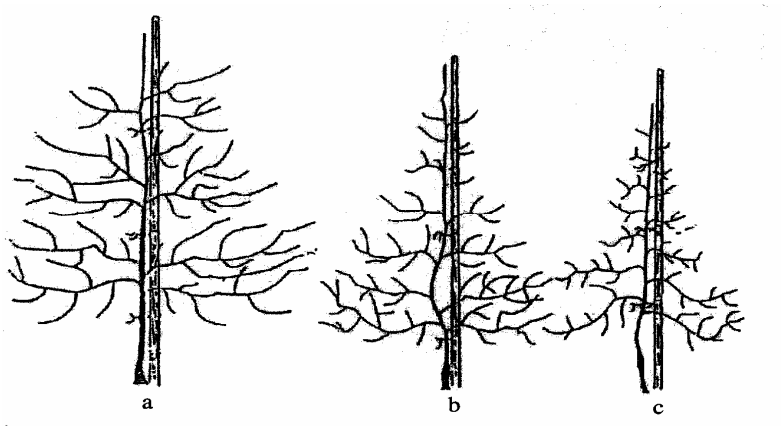
<u>ภาพที่ 1</u> รูปแบบทรงต้นที่นิยมกันในอดีต a) central leader b) open center c) modified leader (จาก Metzner, 1979)

1. กลุ่มเลี้ยงยอดกลาง (Leader type) เป็นรูปแบบที่พัฒนามาจากรูปทรงต้นแบบเลี้ยงยอดกลางหรือทรงพีระมิดในอดีต โดยมีการนำต้นตอแคระและอุปกรณ์ค้ำยันโยงยึดมาใช้ มีรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

1.1 รูปทรงแบบแกนปั่นด้าย (Spindle bush) เป็นรูปทรงแบบเลี้ยงยอดกลางบนต้นตอกึ่งแคระ (semi-dwarfing rootstock) มีทรงพุ่มเป็นทรงแจกัน (Somerville, 1996) ออกแบบโดย Schmitz-Hubsh และ Heinrichs ชาวเยอรมัน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1936 และเป็นที่นิยมมากในช่วงปี ค.ศ. 1990 (Mika, 1992) ปกติรูปทรงต้นแบบนี้ต้องใช้ระยะปลูก 2-2.5 × 4 เมตร เสาที่ใช้เป็นหลักสูง 2.5 เมตร กว้าง 5.6 เซนติเมตร และปักลงดินลึก 55 เซนติเมตร (กวิศร์, 2546) ดังภาพที่ 2a

1.2 รูปทรงต้นแบบแกนปั่นด้ายเรียว (Slender spindle) เป็นรูปแบบที่พัฒนาในฮอลแลนด์ เมื่อปี ค.ศ.1950 เพื่อทดแทนทรงต้นแบบ spindle bush โดยใช้กับแอปเปิลบนต้นตอที่แคระมากขึ้น และมีความหนาแน่นของต้น 1,500 – 3,000 ต้น/ เฮกตาร์ รูปทรงต้นแบบนี้เป็นรูปทรงที่มีการตัดแต่งกิ่งน้อย ให้ผลเร็ว และปริมาณมาก แม้จะปลูกในสถานที่ต่างกันคือ หลายประเทศในทวีปยุโรป โดยจะให้ผลผลิตเต็มที่ในปีที่ 3 และจากปีที่ 3 ปริมาณผลผลิตที่มากจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมขนาดต้น (ดวงใจ, 2544; กวิศร์, 2546; Somerville, 1996) ระบบรูปทรงต้นแบบนี้จะใช้เสาคอนกรีตหรือโลหะ สูง 2.4-3 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-6 เซนติเมตร ปักลงดินลึก 60-90 เซนติเมตร เพื่อยึดลำต้นและควบคุมความสูงของต้นโดยให้มีความสูงของยอดนำไม่เกิน 2-2.5 เมตร (Gardner, 2004) ดังภาพที่ 2b

1.3 รูปทรงต้นแบบแกนปั่นด้ายทางตอนเหนือของฮอลแลนด์ (North Holland spindle) พัฒนาขึ้นในแหล่งปลูกแอปเปิลทางตอนเหนือของประเทศเนเธอร์แลนด์ (ฮอลแลนด์) โดยมีทรงพุ่มที่แคบลงหลังจากมีการตัดแต่งกิ่งอย่างหนัก มีการโน้มกิ่งหลักลง เพื่อลดการเจริญเติบโตทางกิ่งใบทำให้ต้นเล็กลง (กวิศร์, 2546; Somerville, 1996) ดังภาพที่ 2c

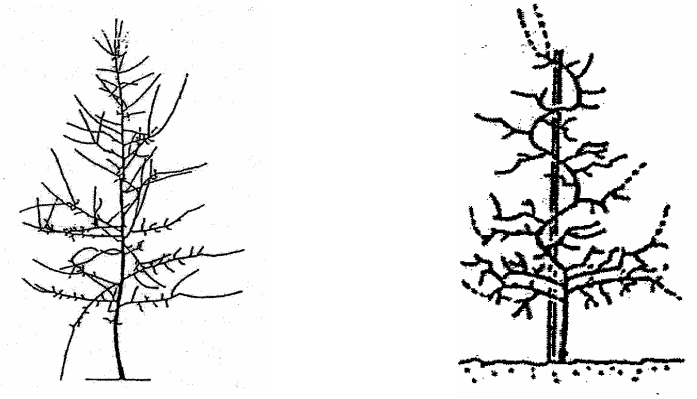


ภาพที่ 2 รูปทรงต้นแบบ spindle bush (a) slender spindle (b) North Holland spindle (c) (จาก Mika, 1992)

1.4 รูปทรงต้นแบบแกนตั้ง (Vertical axis) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่าทรงต้นระบบ Axe (Axe system) มีการพัฒนาขึ้นในประเทศฝรั่งเศส ใช้กับต้นตอแคระและปลูกระยะชิด มีจำนวนต้น 240-320 ต้นต่อไร่ มีการปลูกเป็นแถวเดี่ยว (กวิศร์, 2546) ลักษณะทรงต้นเป็นรูปกรวยหรือ 'Christmas tree' ควบคุมความสูงของต้นอยู่ที่ระดับ 3-4 เมตร (Gardner, 2004) ซึ่งจะสูงกว่าแบบ spindle เนื่องจากมีการปล่อยให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติให้ได้สมดุลระหว่างการเจริญเติบโตทางกิ่งใบกับการให้ดอกติดผลเร็วที่สุด (Somerville, 1996) โดยกิ่งยอดที่ไม่ได้ตัดจะมีการผูกยึดกับลวดโยงหรือหลัก ทรงต้นรูปแบบนี้เหมาะสำหรับต้นที่แข็งแรงหรือกึ่งแคระที่ปลูกในที่มีแสงแดดจัด แต่ในที่มีแสงน้อยจะไม่ติดผล และมีข้อเสีย คือ หากต้นแข็งแรงต้นจะสูงยากแก่การตัดแต่ง การปลิดผลและการเก็บเกี่ยวผล (Mika, 1992) Gardner (2004) รายงานว่า รูปทรงต้นแบบแกนตั้งเป็นรูปทรงที่เสียค่าแรงงานในการจัดทรงต้นและการดูแลรักษาน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับรูปทรงต้นแบบ slender spindle และ trellis system ดังภาพที่ 3a

1.5 รูปทรงต้นแบบ Hybrid tree cone (HYTEC) เป็นรูปทรงต้นที่พัฒนาขึ้นสำหรับภูมิอากาศท้องถิ่นของรัฐวอชิงตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา มีความคล้ายคลึงกับระบบทรงต้นแบบ vertical axis มาก แต่การบังร่มเงาในทรงพุ่มน้อยลง ชื่อของ HYTEC มาจากทรงต้นที่เป็นรูปกรวยและมีการผสมผสานกลมกลืนของรูปแบบ slender spindle และ vertical axis โดยมีปริมาตรทรงพุ่มและพื้นที่การติดผลเท่ากับรูปทรงแบบ vertical axis แต่มีความสูงและความกว้างของทรงพุ่มเท่ากับรูปทรงต้นแบบ slender spindle (ดวงใจ, 2544; กวิศร์, 2546; Somerville, 1996) ข้อดีของระบบรูปทรงต้นแบบ HYTEC เมื่อเปรียบเทียบกับรูปทรงแบบ slender spindle และรูปทรงตามธรรมชาติของแอปเปิล ก็คือให้ผลผลิตสูง ถึงแม้จะมีอายุน้อย (2 ปี) หรือมากเกิน (5 ปี) ในขณะที่รูปทรงอีก 2

แบบนั้น ผลผลิตจะไม่สม่ำเสมอและรูปทรงแบบ HYTEC ยังมีความเสียหายของผลิตผลจากการถูกแดดเผาต่ำกว่า (Barritt, 1991) ดังภาพที่ 3b

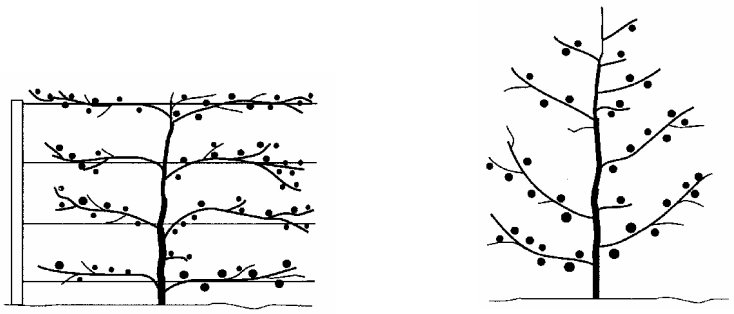


a b

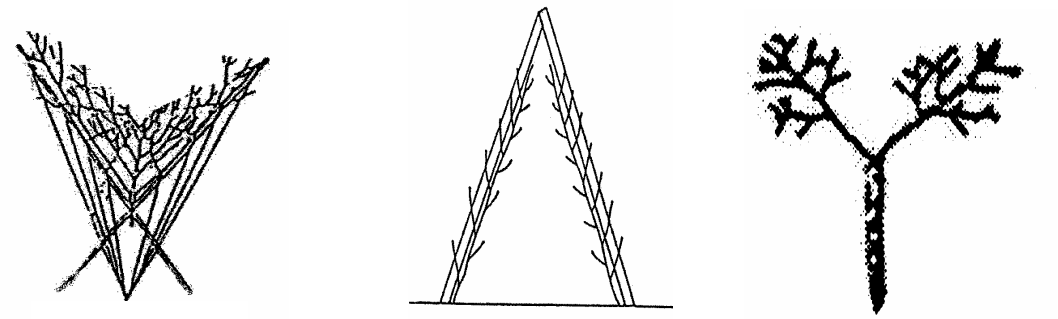
ภาพที่ 3 รูปทรงต้นแบบแกนตั้ง (vertical axis) (a) (จาก Mika, 1992) และรูปทรงต้นแบบ HYTEC (b) (จาก Barritt, 1992)

2. ระบบรูปทรงต้นแบบ Palmette เป็นรูปทรงต้นที่พัฒนาขึ้นในอิตาลี (Campbell *et al*., 1996) เพื่อปรับปรุงการกระจายของแสงในทรงพุ่มโดยการจัดกิ่งในทิศแนว เหนือ-ใต้ (Lakso *et al*., 1989) มีการจัดทรงต้นในลักษณะ 2 มิติ ให้แผ่แบนแบบพัดโดยมีกิ่งหลัก 1-2 กิ่งต่อต้น เป็นรูปทรงต้นที่มีการบีบบังคับต้นไปตามแถวจึงเหมาะสมกับระบบปลูกแบบ medium-high planting density แต่ไม่เหมาะสมกับระบบปลูกแบบ very high planting density (Corelli-Grappadelli, 2000) นิยมใช้มากกับไม้ผลที่ให้ผลที่มีเมล็ดแข็ง (stone fruit) โดยเฉพาะท้อและเนคตารีน (Somerville, 1996) เพราะไม้ผลพวกนี้มักชอบแตกกิ่งข้างทำให้เกิดการบังร่ม ดังนั้นการลดความหนาแน่นของทรงพุ่มจึงช่วยให้แสงผ่านเข้าไปได้ทั่วถึง (กวิศร์, 2546) ดังภาพที่ 4

3. ระบบการจัดทรงต้นแบบ Trellis เป็นระบบที่ต้องอาศัยเครื่องโยงยึด (trellis) โดยการผูกกิ่งไว้กับสายยึดที่ขึงไว้กับเสาหรือโครงสร้างของ trellis ที่สร้างไว้ ดังภาพที่ 5 และวัสดุที่ใช้ผูกกิ่งต้องไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับกิ่ง (George, 2002) มีรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้



ภาพที่ 4 รูปทรงต้นแบบ palmette แบบที่ใช้และไม่ใช้ลวดโยงยึด (จาก Somerville, 1996)



Tatura trellis M.I.A. trellis Y-trellis

ภาพที่ 5 รูปทรงต้นแบบ trellis แบบต่าง ๆ (จาก กวิศร์, 2546; Somerville, 1996; Syed Mohd and Wong, 1996)

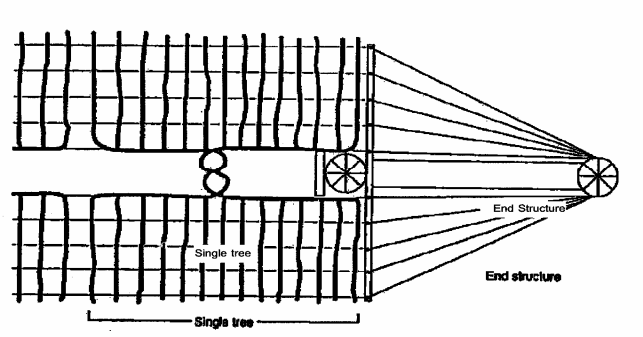
3.1 รูปทรงต้นแบบ Tatura trellis (V-shape) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นที่สถานีวิจัย Tatura ในประเทศออสเตรเลีย โดย Chalmers และคณะ (กวิศร์, 2546) โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เหมาะกับการใช้เครื่องจักรในการตัดแต่งกิ่ง ใช้ได้ผลดีกับการผลิตแอปเปิล เชอรี่ น้อยหน่า และสาลี่ญี่ปุ่น (nashi) (ดวงใจ, 2544) โดยจะจัดทรงต้นเป็นรูปตัววี (V-shape) มี 2 กิ่งหลัก เจริญในทิศตะวันออก ตะวันตก ทำมุมระหว่างกิ่ง 60 องศา ในแต่ละด้านมีหลักยึดและลวดโยง 6 เส้น (Somerville, 1996) ข้อเสียของระบบนี้คือ ค่าลงทุนสูงและต้องการแรงงานมากในการจัดทรงต้น ส่วนข้อดีคือ ให้ผลผลิตสูงและเร็ว เช่น ต้นท้อที่ปลูกด้วยระบบ Tatura มีจำนวนต้นปลูก 1,667 ต้นต่อเฮกตาร์ พบว่าในปีที่ 3 หลังปลูก ให้ผลผลิตสูงถึง 94 ตันต่อเฮกตาร์ (Van den Ende *et al.*, 1987) ข้อดีประการต่อไปคือ การปฏิบัติงานในแปลงปลูก เช่น การตัดแต่ง การเก็บเกี่ยว ทำได้ง่าย และรวดเร็ว สอดคล้องกับรายงานของ Mielke and Seavert (1998) ว่ารูปทรงต้นแบบ Tatura trellis สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยว สาลี่ พันธุ์ d'Anjou และพันธุ์ Bartlett ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ข้อดีประการสุดท้าย คือ ทรงต้นรูปตัววี ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวในการติดผลมากขึ้น (Somerville, 1996)

3.2 รูปทรงต้นแบบ Y-trellis มีลักษณะคล้าย Tatura trellis แต่จะใช้ลวดโยงยึด (trellis) ที่เล็กกว่า ใช้ต้นตอแคระ มีลำต้นสูงกว่าและทรงต้นถูกดัดแปลงมาจาก Tatura trellis เพื่อให้เหมาะสมกับแอปเปิลที่ใช้ต้นตอแคระ รูปทรงแบบนี้มีพื้นฐานมาจากหลักการให้ได้ผลผลิตเริ่มแรกสูง (ช่วง 7 ปีแรก) รับน้ำหนักของผลผลิตได้มาก และคุณภาพของผลิตผลสูง (กวิศร์, 2546) สอดคล้องกับรายงานของ Robinson (1997) ที่พบว่ารูปทรงแบบ Y-trellis ทำให้แอปเปิลมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 8-15 เปอร์เซ็นต์ มากกว่ารูปทรงต้นแบบ slender spindle และรูปทรงต้นแบบ vertical axis นอกจากนี้ท้อพันธุ์ Nectaross ที่จัดรูปทรงต้นต่างกัน พบว่าทรงต้นแบบ Y-trellis มีจำนวนต้น 1,380 ต้นต่อเฮกตาร์ ให้ผลผลิตรวม 4 ปี 80.1 ตันต่อเฮกตาร์ มากกว่าทรงต้นแบบ slender spindle และ spindle bush ที่ให้ผลผลิต 66.1 และ 47.7 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักผลโดยเฉลี่ยสูงกว่าด้วย คือ มีน้ำหนักผลเฉลี่ย 152.2 กรัม มากกว่า slender spindle และ spindle bush ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล 138.2 และ 138.9 กรัม ตามลำดับ (De Salvador, 1993)

3.3 รูปทรงต้นแบบ M.I.A. trellis มีลักษณะคล้าย Tatura trellis โดยทรงต้นจะเป็นรูป Palmette ที่เอียง 60 องศา ข้อดีของรูปทรงต้นแบบนี้ คือ การฉีดพ่นสารเคมีและการดูแลรักษาสามารถทำได้ทั้งสองด้านของผิวทรงพุ่ม (Somerville, 1996)

4. การจัดรูปทรงต้นแบบ ขึ้นค้าง (canopy type) เป็นระบบค้ำโยงแบบพิเศษ รูปแบบการค้ำโยงจะดัดแปลงและมีอิทธิพลของการข่มตายอดเพียงเล็กน้อย (Somerville, 1996) แต่การขึ้นค้างจะดัดแปลงรูปแบบการเจริญเติบโตของต้นไม้อย่างมาก (กวิศร์, 2546) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

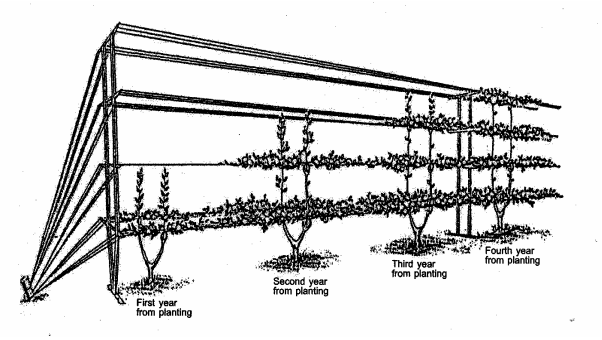
4.1 รูปทรงต้นแบบ Lincoln canopy ถูกพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยลินคอล์น ประเทศนิวซีแลนด์ ในปี ค.ศ.1970 กับแอปเปิล เพื่อที่จะให้ใช้ได้กับเครื่องจักร ในการตัดแต่งกิ่งและเครื่องเก็บเกี่ยว มีทรงต้นรูปตัวที (T-shape) โดยจะทำค้างเป็นรูปตัวที ใช้หลักยึด และมีเส้นลวดขึงตลอดแถว ด้านละ 5-7 เส้น ต้นไม้ที่จัดรูปทรงแบบนี้จะปลูกเป็นแถวโดยมีระยะระหว่างต้นปลูก 2-2.4 เมตร ระยะระหว่างแถว 4 เมตร มีจำนวนต้น 1,040-1,250 ต้นต่อเฮกตาร์ (Somerville, 1996) Dunn and Stolp (1987) ได้สรุปข้อดีของรูปทรงแบบ Lincoln canopy ไว้ 3 ประการคือ ประการที่หนึ่ง ผลไม่มีรอยตำหนิจากลูกเห็บ อันตรายจากน้ำค้างแข็ง การเสียดสีของลม ประการที่สอง คือ มีพื้นที่ผิวทรงพุ่มแคบและแผ่กระจายในแนวนอน จึงเพิ่มประสิทธิภาพการรับแสงและการพ่นสารเคมี ทำให้มีผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี ประการที่สาม สามารถใช้เครื่องตัดแต่งกิ่ง เครื่องเก็บเกี่ยวผลผลิตและเครื่องพ่นสารเคมีได้ ทำให้ลดการใช้แรงงานคน อย่างไรก็ตามระบบนี้มีการลงทุนสูงเนื่องจากต้องทำค้างและยากต่อการจัดทรงต้นให้ได้ตามที่ต้องการ (Forshey *et al*., 1992) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 รูปทรงต้นแบบ Lincoln canopy เมื่อเจริญเต็มค้างมองจากด้านบน (จาก Somerville, 1996)

4.2 รูปทรงต้นแบบ Solen เป็นระบบรูปทรงต้นที่มีการพัฒนาขึ้นในประเทศฝรั่งเศส ใช้กับการปลูกแอปเปิล บนต้นตอ M 9 ที่ปลูกเป็นแถวเดี่ยว ระยะปลูก 2×3 เมตร หรือแถวคู่ ระยะปลูก (4+2.4 เมตร) × 2 เมตร โดยเลือกกิ่งหลัก 2 กิ่ง จากนั้นโน้มอยู่ในแนว 45 องศา ในฤดูร้อน การตัดแต่งกิ่งและการจัดการทรงต้นจะตัดกิ่งในแนวตั้งและกิ่งที่ไม่เหมาะสมออก (Somerville, 1996)

4.3 รูปทรงต้นแบบ Embro-espalier เป็นรูปทรงที่พัฒนาขึ้นในประเทศนิวซีแลนด์ โดย Roger Evans (Somerville, 1996) และมีการจดทะเบียนลิขสิทธิ์ มักใช้กับแอปเปิล แต่มีข้อเสียหลายประการ คือ ไม่สามารถใช้เครื่องตัดแต่งกิ่งได้ ต้นสูงต้องใช้บันไดในการทำงานและใช้แรงงานคนเป็นหลัก ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง (กวิศร์, 2546) ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 รูปทรงต้นแบบ Embro-espalier (จาก Somerville, 1996)

ผลของการจัดทรงต้นที่มีต่อไม้ผล

การจัดทรงต้น มีบทบาทสำคัญต่อการรับแสงและการกระจายของแสงภายในทรงพุ่มของไม้ผล (Loreti *et al*., 1996) Mika *et al*. (2000) กล่าวว่า ความหนาแน่นของจำนวนต้นปลูกและการจัดทรงต้นมีผลต่อการรับแสงและการกระจายของแสงภายในทรงพุ่ม ซึ่งการรับแสงมีผลต่อปริมาณผลผลิต โดยการรับแสงสูงสุดส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตที่สูงสุดด้วยเช่นกัน ส่วนการกระจายของแสงภายในทรงพุ่มจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตผล โดยทรงต้นที่มีการกระจายของแสงได้ดีทำให้มีคุณภาพของผลิตผลสูง (Robinson, 2000a) โดยต้นไม้ที่มีรูปทรงกรวย (conical shape) ที่มีลักษณะทรงพุ่มเป็นแบบ 3 มิติ จะมีการบดบังแสงภายในทรงพุ่มมากกว่ารูปทรงพุ่มแบบ V-shape ที่มีลักษณะแผ่แบนเป็นแบบ 2 มิติ ทำให้มีการรับแสงและกระจายของแสงในทรงพุ่มได้ดีกว่า (Robinson, 2000b) ดังที่ Dichio *et al.* (1999) ได้เปรียบเทียบการการจัดรูปทรงต้นแอปริคอต พบว่ารูปทรงต้นแบบ Y มีการใช้แสงที่เป็นประโยชน์ได้ดีกว่ารูปทรงต้นแบบ vase และมีปริมาณผลผลิตสูงกว่าถึง 29.2 ตันต่อเฮกตาร์ แต่มีขนาดของผลเล็กกว่าแบบ vase ในแอปเปิล พันธุ์ Empire พบว่ารูปทรงต้นแบบ Y trellis/M.26 มีการรับแสงเฉลี่ย 69 % photosynthetically active radiation (PAR) ในขณะที่รูปทรงอื่นมีค่าการรับแสงเฉลี่ย 45-50 %PAR และรูปทรงต้นแบบ Y trellis/M.26 มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นผลสูงสุด (6.5 g fruit/megajoule photosynthetically active radiation (MJ PAR) รองลงมาได้แก่รูปทรงต้นแบบ slender spindle/M.9 (6.1 g fruit/ MJ PAR) และ central leader/M.7 (4.0 g fruit/MJ PAR) (Robinson *et al*., 1993) การจัดรูปทรงต้นแอปเปิลแบบ palmette ทำให้มีการกระจายของแสงภายในทรงพุ่มดีขึ้น ส่งผลให้ผลแอปเปิลมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีสีเข้มขึ้น (Ferree, 1994) นอกจากนี้การจัดทรงต้นทำให้ต้นไม้มีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบลดลง เนื่องจากมีการปฏิบัติร่วมกับการตัดแต่งกิ่ง จึงสามารถควบคุมให้ทรงพุ่มมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้ทำการเก็บเกี่ยวผลได้สะดวก การพ่นสารเคมีทำได้ทั่วถึงและประหยัด สามารถนำเครื่องจักรเข้าปฏิบัติงานในสวนได้ง่ายขึ้น (ประทีป, 2540; รวี, 2540) จึงเป็นการลดต้นทุนในการผลิต (Somerville, 1996) และเพิ่มประสิทธิภาพของแรงงาน (Phillips and Weaver, 1975) และยังส่งผลให้เพิ่มจำนวนต้นต่อพื้นที่ได้มากขึ้น จึงเป็นการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ และให้ผลผลิตเร็ว (Somerville, 1996) อีกทั้งยังทำให้ออกดอกติดผลสม่ำเสมอ (ประทีป, 2540) มีอายุการติดผลยาวนาน (นพดล, 2537) เพิ่มคุณภาพผลผลิตในด้านต่าง ๆ เช่น ขนาดผล สี เป็นต้น (Somerville, 1996) ช่วยลดการเข้าทำลายของโรคและแมลง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2546ก) ดังที่ Corelli-Grappadelli (2000) ได้กล่าวว่ารูปทรงต้นแบบ palmette เป็นรูปทรงต้นที่ประสบความสำเร็จในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของสวนไม้ผลเมื่อเทียบกับรูปทรงแบบอื่น ๆ ในสมัยเดียวกัน สามารถ

ชักนำให้ติดผลได้เร็วและปลูกได้จำนวนต้นต่อพื้นที่มาก ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตเมื่อเทียบกับรูปทรงต้นแบบ open center เนื่องจากทำการตัดแต่งกิ่งและเก็บผลได้ง่ายและรวดเร็ว สามารถใช้เครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ การจัดรูปทรงต้นแบบ Tatura trellis กับสาลี่พันธุ์ d'Anjou และ Bartlett ทำให้มีผลผลิตสูง และมีเปอร์เซ็นต์ผลที่มีขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีผลตอบแทนเพิ่มขึ้นประมาณ 50 ดอลลาร์ต่อตัน (Mielke and Seavert, 1994) เช่นเดียวกับ Elkins and DeJong (2002) ที่จัดรูปทรงต้นแบบ Tatura trellis กับสาลี่พันธุ์ Golden Russet® Bosc พบว่าทำให้คืนทุนได้เร็ว สามารถใช้แรงงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและปรับปรุงการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ดีขึ้น แต่มีข้อเสียคือเสียค่าใช้จ่ายต่อต้นเพิ่มขึ้นและเสี่ยงในเรื่องของการให้ผลผลิต Gregory (2003) ได้เปรียบเทียบการจัดทรงต้นแบบต่าง ๆ กับเชอรี่ พันธุ์ Bing พบว่า การจัดทรงต้นทำให้ปริมาณผลผลิตสูงในช่วงเริ่มแรก โดยรูปทรงต้นแบบ palmette มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด 7 ตันต่อเอเคอร์ รองลงมาได้แก่รูปทรงต้นแบบ Y-trellis 4 ตันต่อเอเคอร์ และ multiple leader bush มีปริมาณผลผลิตน้อยที่สุด 3 ตันต่อเอเคอร์ การจัดทรงต้นต้นมะเดื่อฝรั่ง (fig) พันธุ์ Nazareth พบว่า รูปทรงต้นแบบ perpendicular V ทำให้มีการรับแสงและมีปริมาณผลผลิตสูงกว่ารูปทรงต้นแบบ open vase แต่ไม่มีความแตกต่างในเรื่องคุณภาพของผล (Erez *et al*., 2003)

<u>ระบบทรงต้นของชมพู่</u>

ในประเทศไต้หวันซึ่งมีการผลิตชมพู่เป็นการค้ามานานกว่า 30 ปีและเป็นไม้ผลการค้าที่สำคัญ มีการจัดทรงต้นแบบ bald cut เป็นวิธีที่ถูกแนะนำให้ใช้เฉพาะพื้นที่ที่เป็นดินทรายและมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำเท่านั้น (กาญจนา, 2547) โดยจะตัดกิ่งย่อยออกหมดเหลือเฉพาะกิ่งใหญ่ 3-4 ชั้น แยกออกจากลำต้นตามแนวนอน (Shü, 2002) และการจัดระบบทรงต้นแบบ modified open center (ทีมงานเฉพาะกิจ, 2546) ส่วนในประเทศไทย มีการจัดทรงต้น 2 รูปแบบ คือ open center และ modified open center (นิทยา, 2546ก) โดยรูปทรงต้นแบบ open center เป็นระบบรูปทรงที่จัดได้ง่าย และเสียค่าใช้จ่ายน้อย ไม่ต้องใช้ทักษะในการจัดมาก และมักมีข้อผิดพลาดน้อย (Somerville, 1996) มีทรงพุ่มเตี้ย พ่นสารเคมีหรือเก็บเกี่ยวได้ง่าย การกระจายของผลตามกิ่งต่าง ๆ เป็นไปอย่างสม่ำเสมอทั่วต้น (นิรนาม, 2534) ปัจจุบันชาวสวนบางส่วนนิยมจัดระบบรูปทรงต้นแบบนี้อยู่ ส่วนการจัดแบบ modified open center ปัจจุบันเป็นแบบที่ชาวสวนนิยมมาก (นิทยา, 2546ก) แต่การจัดรูปทรงต้นทำได้ค่อนข้างยาก ถ้าไม่มีความชำนาญอาจทำได้ไม่ดีนัก และต้องใช้เวลาในการจัดทรงต้นนาน (นิรนาม, 2534) นอกจากนี้ยังพบว่ามีการจัดทรงต้นแบบ modified palmette โดยควบคุมความสูงของต้นให้อยู่ที่ระดับ 3 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม 2.5 เมตร (เปรมปรี, ม.ป.ป.)

ในชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ พบว่า ที่สวนเจริญพีระวัฒน์ จังหวัดระยอง มีการจัดทรงต้น 2 แบบ คือ ทรงไต้หวันซึ่งเป็นแบบพีระมิดแปลงหรือแบบมีกิ่งนำ และแบบญี่ปุ่นหรือนากาวา (ชื่อคนตัดแต่ง) ซึ่งเป็นการจัดรูปทรงต้นแบบเปิดพุ่ม (open center) เป็นการตัดยอดเข้ามามากทำให้ต้นมีความโปร่งและเตี้ย (นิทยา, 2547) ซึ่งจากการตรวจเอกสารไม่พบรายงานทางวิชาการที่เกี่ยวกับผลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกติดผลของชมพู่ แต่มีรายงานว่าการตัดแต่งกิ่งชมพู่ภายในทรงพุ่มมีผลต่อการออกดอกช้าหรือเร็ว คือ หากทำการตัดกิ่งภายในทรงพุ่มออกจะส่งผลให้การออกดอกช้าออกไปอีก (เปรมปรี, 2545) และการตัดแต่งกิ่งในช่วงฤดูฝน ทำให้ชมพู่เจริญเติบโตทางกิ่งใบมาก ส่งผลให้การบังคับการออกดอกยากยิ่งขึ้น (บุญแสง และ นิทยา, 2545) การจัดทรงต้นแบบญี่ปุ่นหรือนากาวาของสวนเจริญพีระวัฒน์นั้นทำให้มีผลผลิตน้อยลง เนื่องจากมีการตัดแต่งกิ่งออกมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (นิทยา และ วรรณภา, 2547)

<u>ค่าพื้นที่ใบจำเพาะ (Specific Leaf Area; SLA)</u>

คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของใบ บอกถึงการสะสมน้ำหนักแห้งของใบพืช ซึ่งสัมพันธ์กับความหนาแน่นหรือความหนาสัมพัทธ์ของใบ (Hunt, 1990) (มีหน่วยเป็น ม.^{2}/กรัม) คำนวณได้จาก

$$\text{พื้นที่ใบจำเพาะ} = \frac{\text{พื้นที่ใบ (ม.}^2\text{)}}{\text{น้ำหนักแห้งของใบ (กรัม)}}$$

SLA เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้วัดการเจริญเติบโตในรูปของอัตราส่วนอย่างง่าย โดย SLA เป็นองค์ประกอบย่อยในเชิงคุณภาพของ LAR (Hunt and Cornelissen, 1997) Chiariello *et al*. (1989) กล่าวว่า SLA เป็นดัชนีที่สำคัญในการวัดลักษณะโครงสร้างใบ ในการพิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืช ได้แก่ ความหนาแน่นหรือความหนาสัมพัทธ์ของใบ (Hunt, 1978) เช่น ในสาลี่ญี่ปุ่น พันธุ์ Chojuro และ Kosui พบว่าเมื่อลดความเข้มแสงลง 30-40 % ส่งผลให้ SLA เพิ่มขึ้นทำให้ใบบางกว่าต้นที่ได้รับแสงปกติ (Honjo *et al*, 1983) เช่นเดียวกับใบของสตรอเบอรี่ที่บางที่สุดจะมีค่า SLA สูงที่สุด (Butler *et al*., 2002) ในแอปเปิลที่จัดรูปทรงต้นแบบ Y พบว่ามี total SLA น้อยกว่ารูปทรงต้นแบบ slender spindle แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในรูปของแป้งและน้ำตาลซูโครสอยู่ในใบมากกว่า (Chen and Lenz, 1996)

อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate; RGR)

คือ ค่าที่แสดงการเจริญเติบโตในรูปอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งต่อหน่วยน้ำหนักเริ่มต้น (มีหน่วยเป็น day $^{-1}$) (Chiariello *et al*., 1989; Hunt, 1990) คำนวณได้จาก

$$RGR = \frac{InW2 - InW1}{t2 - t1}$$

เมื่อ RGR = ค่าเฉลี่ยของ relative growth rate ในช่วง t1–t2

In = natural logarithm

W1 และ W2 = น้ำหนักแห้งของพืชที่เวลา t2 และ t1 ตามลำดับ ค่า W อาจเป็นค่าอื่นที่สนใจ เช่น ความยาวใบ พื้นที่ใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกิ่ง เป็นต้น

t1 และ t2 = ค่าที่กำหนดช่วงเวลา t1 = จุดเริ่มต้น t2 = จุดสิ้นสุดของช่วงเวลาที่ศึกษา

ซึ่งนอกจากน้ำหนักแล้วยังสามารถใช้กับการวัดค่าการเจริญเติบโตของพืชอื่น ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ เช่น ขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น ใบ ดอก ผล เป็นต้น และข้อดีของ RGR คือ สามารถใช้เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของพืชที่มีขนาดเริ่มต้นที่แตกต่างกันได้ โดยค่า RGR มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืช คือ เมื่อค่าเป็นบวก แสดงว่ามีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น แต่เมื่อค่าเป็นลบ แสดงว่า มีการเจริญเติบโตลดลง (Hunt, 1990) ค่า RGR นั้นเป็นดัชนีวัดอัตราวัดการเจริญเติบโตของพืช ที่เริ่มใช้กับพืชไร่ในปี 1900 โดย Blackman และเป็นที่นิยมใช้กันมากจนถึงปัจจุบัน (Chiariello *et al*., 1989) นอกจากนี้ยังเป็นดัชนีที่สำคัญตัวหนึ่งที่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากในการศึกษาทางนิเวศวิทยาของพืช (Hunt and Cornellissen, 1997) ส่วนไม้ผลนั้นมีการนำมาใช้บ้าง เช่น ท้อและเนคตารีน (Giulivo *et al*., 1984) สตรอเบอรี่ (Fernandez *et al*., 2001) เป็นต้น

ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดระบบรูปทรงต้นกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน

การจัดระบบรูปทรงต้นนั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน โดยมีผลต่อการเคลื่อนย้ายของคาร์โบไฮเดรตสะสมภายในต้น (Caruso *et al*., 1999) โดยการจัดระบบรูปทรงต้นนั้นต้องมีการตัดแต่งกิ่งร่วมด้วยเพื่อให้ได้รูปทรงต้นตามที่ต้องการ มีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมภายในต้นลดลง เนื่องจากไปลดพื้นที่ใบ ซึ่งเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงของพืช (Faust, 1989; Tustin, 1991) ซึ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมจะลดลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับของการตัดแต่งกิ่ง คือ การตัดแต่งกิ่งออกมากก็มีผลทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนปริมาณคาร์บอนสุทธิและการสร้างคาร์โบไฮเดรตภายในต้นลดลงมากเช่นกัน แต่เมื่อต้นฟื้นตัวหลังจากการตัดแต่งกิ่งแล้ว พบว่า อัตราการแลกเปลี่ยนปริมาณคาร์บอนสุทธิและการสร้างคาร์โบไฮเดรตภายในต้นไม่แตกต่างกัน (Li *et al*., 2003) Moing *et al*. (1994) ได้ทำการจัดระบบทรงต้นกับต้นพลัม (*Prunus domestica* L.) 2 แบบ คือ แบบแรกจัดให้มียอดตั้งตรง และแบบที่สองทำการโน้มยอดลงมา พบว่า ระบบรูปทรงต้นทั้ง 2 แบบ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมภายในกิ่งมีความเข้มข้นต่ำและมีการเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆได้น้อยเหมือนๆกัน แต่ทรงต้นที่ทำการโน้มยอดลงมามีปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด (total amino acids) มากกว่าทรงต้นที่จัดให้ยอดตั้งตรง จึงได้สรุปไว้ว่า การจัดระบบรูปทรงต้นและการตัดแต่งกิ่ง มีผลไม่มากนักต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน นอกจากนี้ระบบรูปทรงต้นที่แตกต่างกันนั้น มีผลทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมและไนโตรเจนภายในต้นแตกต่างกัน เช่น แอปเปิล พันธุ์ Cox's Orange Pippin ที่จัดระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในใบสูงกว่าต้นที่จัดระบบทรงต้นแบบ slender spindle (Chen and Lenz, 1996) เช่นเดียวกับในแอปเปิล พันธุ์ Golden Delicious ที่พบว่าการจัดระบบรูปทรงต้นมีผลทำให้ปริมาณแป้งและน้ำตาลสะสมภายในส่วนต่าง ๆ ของต้น ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ยอด และสเปอร์ มีความแตกต่างกัน (Stutte *et al*., 1994)

ในการทดลองนี้เลือกรูปทรงต้นของชมพู่ 4 แบบ ดังนี้

1. แบบ open center (ชุดควบคุม) เป็นรูปแบบที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ แต่มีข้อเสีย คือ ทรงพุ่มมีขนาดใหญ่และเจริญชนกันได้เร็ว ทำให้แน่นทึบแสงส่องเข้าในทรงพุ่มไม่ทั่วถึงและไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน เช่น การห่อผลและการพ่นสารเคมีทำได้ยาก โดยเฉพาะสวนที่ปลูกแบบยกร่อง

2. แบบ slender spindle เป็นรูปทรงที่มีการเรียงตัวของกิ่งลดหลั่นกันตามความสูงของต้นที่เพิ่มขึ้น ทำให้การกระจายของแสงภายในทรงพุ่มได้ทั่วถึง มีพื้นที่รับแสงและติดผลมาก ดังนั้นทรงต้นแบบนี้น่าจะทำให้มีผลผลิตสูงและคุณภาพดีขึ้นและสามารถปลูกระยะชิดได้มากขึ้น

3. แบบ palmette เนื่องจากเป็นระบบที่ทำให้การปฏิบัติงานในแปลงสะดวกขึ้น เช่นการพ่นสารเคมี การห่อผล การเก็บเกี่ยว เป็นต้น วิธีนี้น่าจะทำให้ชมพู่ให้ผลผลิตเร็วขึ้น ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีขึ้น เพราะได้รับแสงอย่างเต็มที่ในการสร้างอาหาร มีการสะสมของโรคแมลงน้อยลง เพราะทรงพุ่มโปร่งไม่แน่นทึบ แสงผ่านได้ทั่วถึงและสามารถปลูกระยะชิดได้มากขึ้น

4. แบบ Y- trellis เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำให้การดูแลรักษาสะดวกขึ้น เช่น การพ่นสารเคมี การห่อผล การเก็บเกี่ยว เป็นต้น การจัดทรงต้นทำได้ง่าย เนื่องจากมีโครงให้กิ่งและลำต้นยึดตายตัว วิธีนี้น่าจะทำให้ชมพู่ให้ผลผลิตเร็วขึ้น ผลผลิตสูง และมีคุณภาพดีขึ้น เพราะได้รับแสงอย่างเต็มที่ในการสร้างอาหาร และผลเสียดสีกับกิ่งน้อยลง

อุปกรณ์และวิธีการ

<u>แผนการทดลอง</u>

คัดเลือกต้นชมพู่ อายุ 1 ปี 6 เดือน ที่มีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน จำนวน 48 ต้น จากแปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม โดยแปลงทดลองมีขนาด 25×27 เมตร แบ่งเป็น 4 แปลงย่อย ขนาด 5×27 เมตร มีร่องน้ำกว้าง 1.2 เมตร คั่นระหว่างแปลงย่อย ในแต่ละแปลงย่อยปลูกต้นชมพู่เป็นแถวคู่ แบบสลับฟันปลา มีระยะปลูกระหว่างต้น 4 เมตร ระยะระหว่างแถว 2.3 เมตร และระยะระหว่างแถวคู่+ร่องน้ำ 4.13 เมตร วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ให้แปลงย่อยแต่ละแปลงเป็นบล็อก มีจำนวน 4 บล็อก กำหนดให้รูปทรงต้นเป็นทรีทเมนต์ ใน 1 ทรีทเมนต์ มี 4 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น มีจำนวนทรีทเมนต์ 4 ทรีทเมนต์ ดังนี้

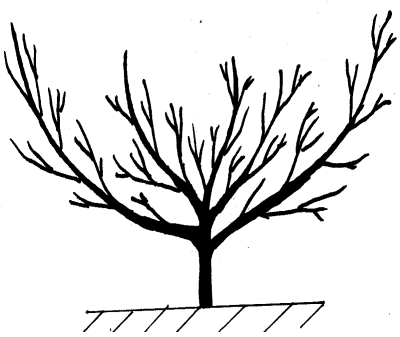
ทรีทเมนต์ที่ 1 จัดทรงต้นแบบ open center (ชุดควบคุม)
ทรีทเมนต์ที่ 2 จัดทรงต้นแบบ slender spindle
ทรีทเมนต์ที่ 3 จัดทรงต้นแบบ palmette
ทรีทเมนต์ที่ 4 จัดทรงต้นแบบ Y- trellis

<u>การจัดทรงต้น</u>

จัดทรงต้นชมพู่เป็น 4 ทรีทเมนต์ โดยยังคงให้มีใบติดอยู่กับกิ่ง มีการปฏิบัติดังนี้

1. จัดทรงต้นแบบ open center (ชุดควบคุม) มีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

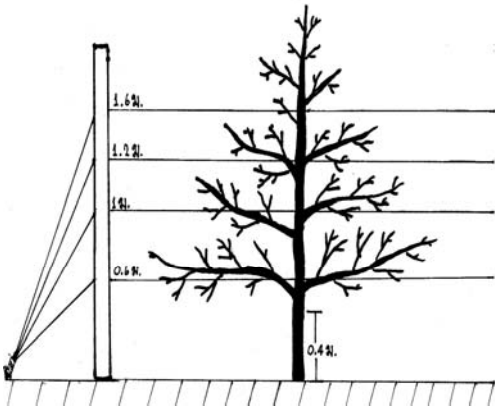
ทำการเลือกกิ่งข้างหลัก 5 กิ่ง โดยกิ่งที่ต่ำสุดอยู่สูงจากพื้นดิน 40 เซนติเมตร และที่สูงสุดจากพื้นดิน 150 เซนติเมตร โดยกิ่งอยู่ห่างกัน 15-30 เซนติเมตร จัดกิ่งข้างหลักให้แผ่กระจายออกรอบลำต้น โดยใช้ไม้ช่วยในการบังคับทิศทางของกิ่งและโน้มกิ่งลงมาทำมุมกับลำต้นประมาณ 50-60 องศา เมื่อยอดกลางโตถึงระดับ 150 เซนติเมตร แล้วทำการตัดยอดออก (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การจัดทรงต้นแบบ open center (ชุดควบคุม)

2. จัดทรงต้นแบบ slender spindle มีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

ตัดกิ่งที่ต่ำกว่าระดับ 40 เซนติเมตร เหนือพื้นดินออก เลือกกิ่งหลักตั้งตรง 1 กิ่ง โน้มกิ่งที่เหลือผูกกับสายยึด จัดเรียงกิ่งข้างให้กระจายเท่ากันทุกทิศรอบลำต้น โดยกิ่งต้องไม่ซ้อนทับกัน และความยาวของกิ่งลดหลั่นตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ใช้ไม้รวกช่วยในการบังคับทิศทางของกิ่งและโน้มกิ่ง ควบคุมความสูงของต้นให้อยู่ที่ระดับ 2.5-3 เมตร และสำหรับหลักยึด ทำการเจาะรูเพื่อสอดสายยึดที่ระดับความสูงเหนือพื้นดิน 0.6 1.0 1.2 และ1.6 เมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 9)

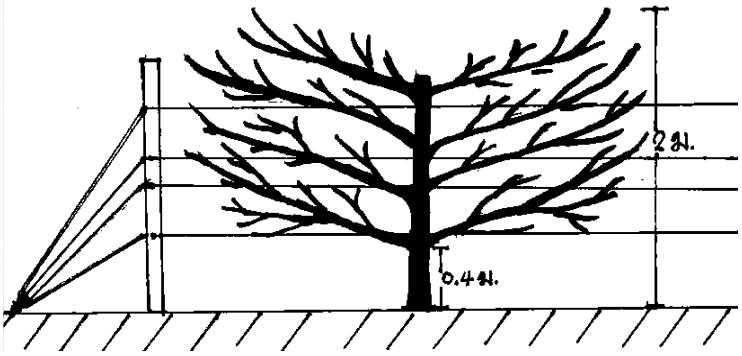


ภาพที่ 9 การจัดทรงต้นแบบ slender spindle

3. ทรงต้นแบบ palmette มีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

การเตรียมลวดโยงยึดทำการฝังเสาปูน สูงจากพื้นดิน 170 เซนติเมตร และเจาะรูที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 0.6 1.0 1.2 และ 1.6 เมตร จากนั้นขึงด้วยลวดโยงยึด (สายโทรศัพท์) ให้ตึง

การจัดทรงต้นตัดกิ่งต่ำกว่าระดับ 40 เซนติเมตร เหนือพื้นดินออก เลือกกิ่งข้างหลัก 4 คู่ จัดให้อยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ โดยให้กิ่งข้างหลักคู่แรกห่างจากคู่ที่สองประมาณ 20-30 เซนติเมตร ทำการตัดแต่งกิ่งที่ไม่ต้องการออก จัดกิ่งข้างหลักให้ทำมุมกับลำต้น 70-80 องศา โดยผูกกับลวดโยงยึดที่เตรียมไว้ จากนั้นควบคุมทรงพุ่มให้มีความกว้างประมาณ 2.5-4 เมตร และแตกกิ่งไปด้านข้างด้านละ 50 เซนติเมตร (รวม 2 ด้าน=1 เมตร) และควบคุมความสูงอยู่ที่ระดับ 2 เมตร (ภาพที่ 10)

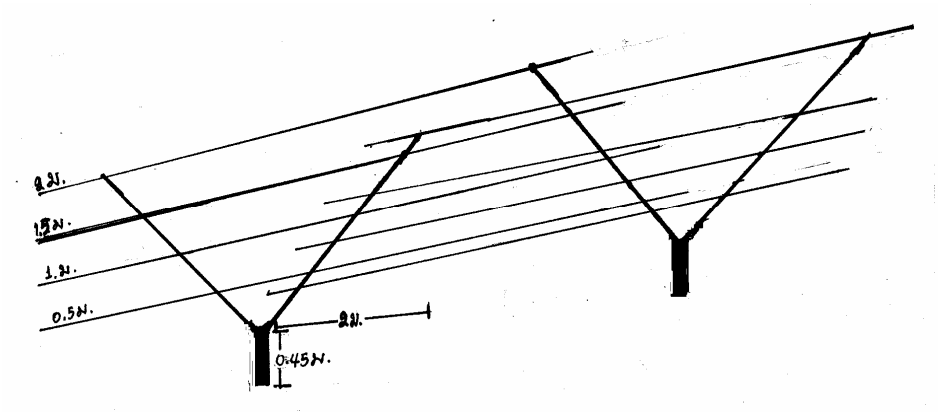


ภาพที่ 10 การจัดทรงต้นแบบ palmette

4. ทรงต้นแบบ Y- trellis มีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

การเตรียมลวดโยงยึดทำการฝังเสาปูน สูงจากพื้นดิน 170 เซนติเมตร จากนั้นนำไม้ 2 อันมายึดกับเสาเป็นรูปตัว X โดยให้ตัดกันสูงจากพื้นดินที่ระดับ 50 เซนติเมตร ทำการเจาะรูแขนไม้ที่ยื่นออกไป 4 รู แต่ละรูห่างกัน 50 เซนติเมตร ทั้งสองด้านของแขนที่ยื่นออกไป และทำการขึงลวดโยงยึด (สายโทรศัพท์) ข้างละ 4 เส้นให้ตึง

การจัดทรงต้นทำการเลือกกิ่งข้างหลัก 4 กิ่ง ที่อยู่ใกล้กัน ทำการจัดให้อยู่ทางด้านทิศเหนือ 2 กิ่ง และด้านทิศใต้ 2 กิ่ง โดยจัดกิ่งให้อยู่ใต้ลวดโยงยึดและทำมุมกัน 90 องศา ควบคุมความยาวกิ่งหลักให้ยาวประมาณ 2 เมตร (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 การจัดทรงต้นแบบ Y-trellis

การบันทึกข้อมูล

รายการข้อมูลที่บันทึกในเวลาและจำนวนวัน นับจากวันที่จัดระบบรูปทรงต้นได้ตามต้องการดังตารางผนวกที่ 9 โดยมีรายละเอียดการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1. ลักษณะการเจริญทางกิ่งใบ

1.1 ขนาดของลำต้น โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นด้วย vernier calipers ที่ระดับ 20 เซนติเมตร เหนือพื้นดิน เมื่อเริ่มการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง เพื่อคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของลำต้น (trunk cross-sectional area, TCA) เมื่อเริ่มการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง และหาพื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Ferree, 1994; Caruso *et al*., 1999; Whiting *et al*., 2005) จากสูตร

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของลำต้น} = \pi r^2 \quad \text{โดย } \pi = 3.14159,\ r = \text{รัศมีของลำต้น}$$

1.2 ทำการวัดพื้นที่ใบของยอดใหม่ เมื่อใบขยายขนาดเต็มที่ (ใบแก่) และมีความสมบูรณ์จำนวนซ้ำละ 6 ยอด นำมาวัดพื้นที่ใบด้วย เครื่องวัดพื้นที่ใบ (area meter) รุ่น LI-3100 (บริษัท LI-COR, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา) และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลหาน้ำหนักแห้งใบ เพื่อคำนวณหาค่าพื้นที่ใบจำเพาะ(specific leaf area; SLA) (Chiariello *et al*., 1989; Hunt, 1990) จากสูตร

$$\text{พื้นที่ใบจำเพาะ} = \frac{\text{พื้นที่ใบของยอด (ซม.}^2\text{)}}{\text{น้ำหนักแห้งของใบ (กรัม)}}$$

1.3 วัดการเจริญเติบโตของกิ่งยอด โดยสุ่มกิ่งยอดจำนวน 15 ยอด ในแต่ละซ้ำ เพื่อวัดความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่ง ทุก 2 สัปดาห์ ในช่วงการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม เพื่อคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate; RGR) ของกิ่งยอด (Chiariello *et al*., 1989; Hunt, 1990) จากสูตร

$$RGR = \frac{InW2 - InW1}{t2 - t1}$$

เมื่อ RGR = ค่าเฉลี่ยของ relative growth rate ในช่วง t1 – t2

In = natural logarithm

W1 และ W2 = ความยาวยอดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งที่เวลา t2 และ t1 ตามลำดับ

t1 และ t2 = ค่าที่กำหนดช่วงเวลา t1 = จุดเริ่มต้น t2 = จุดสิ้นสุด ของช่วงเวลาที่ศึกษา (มิถุนายน-ตุลาคม)

1.4 ปริมาตรของทรงพุ่ม (canopy volume) ทำการวัดปริมาตรของทรงพุ่มในแต่ละรูปทรงต้นหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตหมดแล้ว โดยมีสูตรการคำนวณหาปริมาตรทรงต้นแต่ละแบบ ดังนี้

ทรงต้นแบบ open center = $4\pi r^3$ โดย $\pi = 3.14159$, r = รัศมีของทรงพุ่ม

ทรงต้นแบบ slender spindle = $1/3\pi r^2 h$ โดย $\pi = 3.14159$, r = รัศมีของทรงพุ่ม

ทรงต้นแบบ palmette = กว้าง × ยาว × หนา

ทรงต้นแบบ Y- trellis = กว้าง × ยาว × หนา (ด้านที่ 1) + กว้าง × ยาว × หนา (ด้านที่ 2) (Robinson *et al*., 1991)

2. <u>ลักษณะการออกดอกและติดผล</u>

2.1 เมื่อชมพู่ออกดอก นับจำนวนช่อดอกและดอกทั้งต้น เพื่อคำนวณหาจำนวนดอกต่อช่อดอก จำนวนช่อดอกต่อต้น และจำนวนดอกต่อต้น

2.2 เมื่อเข้าสู่ระยะดอกโรย ประมาณ 10 วันหลังดอกบาน นับจำนวนผลที่เหลือ เพื่อบันทึกการติดผลและหาเปอร์เซ็นต์การติดผลก่อนตัดแต่งผล โดยสังเกตได้จากกลีบเลี้ยงที่ปลายผลหุบเข้าหากัน มีการพัฒนาเป็นรูปผลชัดเจน จากนั้นทำการตัดแต่งผลให้เหลือ 2 ผลต่อช่อ โดยเลือกไว้ช่อที่สมบูรณ์และอยู่ด้านล่างของกิ่ง ตำแหน่งการไว้ผลพิจารณาจากขนาดของกิ่งและให้มีผลกระจายทั่วทั้งต้น จากนั้นห่อผลด้วยถุงพลาสติก ขนาด 6 x 14 นิ้ว

2.3 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผลก่อนห่อผล ทำการนับจำนวนดอกและผลที่ร่วงไปก่อนทำการห่อผลของระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ จากนั้นคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผล โดยคำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผลก่อนห่อผล} = \frac{\text{จำนวนดอกและผลที่ร่วงทั้งหมดเฉลี่ยต่อต้น}}{\text{จำนวนดอกทั้งหมดเฉลี่ยต่อต้น}} \times 100$$

2.4 เปอร์เซ็นต์การปลิดดอกและผล ของระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ก่อนทำการห่อผล ทำการบันทึกจำนวนดอกและผลที่ปลิดออกก่อนการห่อผล ซึ่งทำการปลิดออก 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกหลังจากดอกโรย (ติดผล) และครั้งที่สอง ปลิดออกระหว่างทำการห่อผล โดยคำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การปลิดดอกและผล} = \frac{\text{จำนวนดอกและผลที่ปลิดออกทั้งหมดเฉลี่ยต่อต้น}}{\text{จำนวนดอกทั้งหมดเฉลี่ยต่อต้น}} \times 100$$

2.5 เปอร์เซ็นผลที่ร่วงและสูญเสียผลผลิตหลังห่อผล ในช่วงหลังจากที่ทำการห่อผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งเกิดจากการร่วงหล่นไปตามธรรมชาติ หรือได้รับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และถูกโรคและแมลงทำลายจนทำให้ผลร่วงไปก่อนการเก็บเกี่ยว โดยคำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลที่ร่วงและสูญเสียหลังห่อผล} = \frac{\text{ผลที่ร่วงและสูญเสียหลังห่อผลเฉลี่ยต่อต้น} \times 100}{\text{จำนวนผลที่ทำการห่อผลเฉลี่ยต่อต้น}}$$

3. <u>การให้ผลผลิต</u>

3.1 นับจำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้น น้ำหนักผลผลิตต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล คำนวณค่าประสิทธิภาพของผลผลิตพื้นฐาน (basis of yield efficiency) โดยคำนวณจากค่าน้ำหนักผลผลิตหารด้วยพื้นที่หน้าตัดลำต้น และน้ำหนักผลผลิตหารด้วยปริมาตรของทรงพุ่ม [น้ำหนักผลรวม (กก.)/ พื้นที่หน้าตัดลำต้น(ซม.^{2}) และน้ำหนักผลรวม (กก.)/ ปริมาตรของทรงพุ่ม (ม^3)] (Robinson, 1991) และความหนาแน่นของผลผลิต (yield density) [จำนวนผล / พื้นที่หน้าตัดลำต้น (ซม.^{2})] (Robinson, 1997; Farina *et al*., 2005)

3.2 ทำการคัดเกรดจัดชั้นคุณภาพของผล ออกเป็น 4 เกรด ตามที่ปฏิบัติกันในตลาดค้าส่งปฐมมงคล จังหวัดนครปฐม ได้แก่ ผลขนาดใหญ่หรือเบอร์ยอดหรือจัมโบ้ (4-7 ผล/กิโลกรัม) ผลขนาดกลางหรือเบอร์รอง (8-9 ผล/กิโลกรัม) ผลขนาดเล็กหรือเบอร์เล็ก (10-11 ผล/กิโลกรัม) และผลตกเกรด ซึ่งหมายถึง ผลที่มีขนาดเล็กกว่าเกรดผลขนาดเล็ก โดยมีน้ำหนักผลต่ำกว่า 80 กรัม รวมทั้งผลที่ได้รับความเสียหายแต่ไม่มากนัก สามารถจำหน่ายได้ เช่น ผลแตก เป็นแผลช้ำ มีรอยขูดขีด และผลที่ได้รับความเสียหายจากโรคและแมลง เป็นต้น โดยหลังจากคัดเกรดแล้วนำผลผลิตที่คัดได้ในแต่ละเกรด ไปชั่งน้ำหนักและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อเปรียบเทียบชั้นคุณภาพของผลที่ผลิตได้ในแต่ละระบบรูปทรงต้น

3.3 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ โดยคำนวณจากปริมาณผลผลิตต่อต้นคูณกับจำนวนต้นต่อพื้นที่ปลูก 1 ไร่ (62 ต้นต่อไร่)

3.4 รายได้จากการขายผลิตผล คำนวณจากราคาเฉลี่ยในแต่ละเกรดจากตลาดกลางค้าส่งสี่มุมเมือง (รังสิต) ซึ่งมีรายงานราคาที่แน่นอนสามารถตรวจสอบได้ ร่วมกับข้อมูลจากการสอบถามที่ตลาดปฐมมงคลโดยนำมาคูณกับปริมาณผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละเกรด และคำนวณออกมาเป็นจำนวนเงินที่ขายได้ต่อต้นและจำนวนเงินที่ขายได้ต่อไร่

4. <u>คุณภาพผล</u>

ทำการวิเคราะห์จากผลผลิต ชุดที่ 2 ในช่วงที่เก็บเกี่ยวผลได้มากที่สุด โดยสุ่มผล จำนวน 10 ผล จากผลที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดของรูปทรงต้นต่าง ๆ ที่อยู่ในแต่ละบล็อกทั้ง 4 บล็อก กำหนดให้ผล

ที่สุ่มออกมาจากแต่ละบล็อก (10 ผล) เป็น 1 ซ้ำ มี 4 ซ้ำ/1 ทรีทเมนต์ (ระบบรูปทรงต้น) ทำการบันทึกข้อมูลดังนี้

4.1 น้ำหนักผล นำผลมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักเฉลี่ยของผลในแต่ละสิ่งทดลอง

4.2 ขนาดและรูปร่างผล วัดความยาวของผลบริเวณส่วนที่ยาวที่สุดและความกว้างของผลบริเวณส่วนที่กว้างที่สุด

4.3 วัดสีผล โดยใช้เครื่อง color reader เครื่องหมายการค้า Minolta รุ่น CR-10 ของบริษัท Minolta Co. Ltd. ประเทศญี่ปุ่น แสดงผลเป็นค่า L a b (ค่า L = ค่าความสว่าง, ค่า a แบ่งออกเป็น –a = สีเขียว และ +a = สีแดง, ค่า b แบ่งออกเป็น –b = สีน้ำเงิน และ +b = สีเหลือง)

4.4 วัดปริมาตรของผล โดยการแทนที่น้ำ ด้วยเครื่อง Euraka เพื่อนำมาคำนวณหาความหนาแน่นของผล ตามสูตร ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของผล} = \frac{\text{น้ำหนักของผล (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของผล (มล.)}}$$

4.5 ความแน่นเนื้อ โดยวัดบริเวณส่วนที่กว้างที่สุดของผล (ก้นผล) ใช้มีดปาดผิวผลออกแล้วจึงวัดด้วยเครื่อง fruit pressure tester (FT 327, Effegi, Alfonsine, Italy) ใช้หัวกดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วัดค่าแรงกดออกมาเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และแปลงหน่วยกิโลกรัมเป็นนิวตันโดยการคูณด้วย 9.807 (Kader, 1985)

4.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) จากน้ำคั้น โดยใช้ hand refractometer มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

4.7 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity; TA) นำน้ำคั้นปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาไทเทรตกับ 0.1 N NaOH ใช้ phenolphthalein 1 เปอร์เซ็นต์ เป็น indicator นำค่าปริมาตรของ NaOH ที่ใช้มาคำนวณหาปริมาณ TA มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดซิตริก ตามสูตรดังนี้

เปอร์เซ็นต์กรดซิตริก = (มล. base) (N base) (meq. wt. ของกรดซิตริก) × 100
(มล. ของน้ำคั้นที่ใช้)

(มล. base) = ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

(N base) = จำนวนสมมูลของ NaOH ในสารละลาย NaOH 1 ลิตร

(meq. wt. ของกรดซิตริก) = 0.06404

4.8 อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) โดยใช้ค่าที่ได้จากข้อ 4.6 และ 4.7

4.9 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำคั้น ด้วย pH meter

4.10 หาเปอร์เซ็นต์ส่วนของผลที่สามารถรับประทานได้ (recovery) จากสูตร

เปอร์เซ็นต์ recovery = น้ำหนักผลส่วนที่รับประทานได้ (กรัม) X 100
น้ำหนักผลทั้งหมด (กรัม)

5. การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) และ ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen; TN) ในกิ่งและใบชมพู่ โดยมีวิธีการดังนี้

5.1 การเก็บตัวอย่างพืชในการวิเคราะห์ สุ่มเก็บกิ่งยอดที่เป็นกิ่งกึ่งแก่กึ่งอ่อน โดยสีของกิ่งเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล จำนวน 3 กิ่ง และ ใบ ตำแหน่งคู่ที่ 2-3 จากใบชุดสุดท้ายที่ขยายขนาดเต็มที่ (ใบแก่) จำนวน 6 ใบ จากรูปทรงต้นต่าง ๆ ที่อยู่ในแต่ละบล็อกทั้ง 4 บล็อก กำหนดให้กิ่งและใบที่สุ่มออกมาจากแต่ละบล็อก เป็น 1 ซ้ำ มี 4 ซ้ำ/1 ทรีทเมนต์ (ระบบรูปทรงต้น) โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วง 9.00 – 11.00 น. ทุกเดือน เริ่มตั้งแต่จัดรูปทรงเสร็จในเดือน เมษายน พ.ศ. 2547 จนถึงช่วงเก็บผลผลิตในเดือน มีนาคม พ.ศ. 2548

5.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ ทำการย่อยกิ่งด้วยกรรไกรตัดกิ่งให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อน จากนั้นนำตัวอย่างกิ่งและใบบรรจุในถุงกระดาษ โดยแยกกันคนละถุงไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่แห้งแล้วไปบดให้ละเอียดผ่าน

ตะแกรงร่อน ขนาด 40 Mesh บรรจุตัวอย่างที่บดแล้วลงในถุงซิบพลาสติก เก็บไว้ใน dessicator เพื่อรอการวิเคราะห์

5.3 การวิเคราะห์และสกัดตัวอย่างพืช

การสกัดคาร์โบไฮเดรตสะสม ทำการสกัดโดย acid extraction ตามวิธีการของ Smith *et al*. (1964) ซึ่งดัดแปลงโดยธวัชชัย (2524) และนำมาวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมจากตัวอย่างที่สกัดแล้ว โดยวิธี Nelson's reducing sugar procedure (Hodge and Hofreiter, 1962) และวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยเครื่อง Protein/Nitrogen determinator (FP-528 Leco Corporation, USA.)

5.4 หาค่าอัตราส่วนคาร์โบไฮเดรตสะสมที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างต่อไนโตรเจนทั้งหมด (TNC/TN) โดยนำค่า TNC หารกับ TN ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ ทั้งในกิ่งและใบ และแสดงผลเป็นกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า TNC/TN ratio ในช่วงเดือนต่าง ๆ ของแต่ละระบบรูปทรงต้น

6. <u>วัดความเข้มของแสงภายนอกทรงพุ่มและใต้ทรงพุ่ม</u>

โดยวัดความเข้มของแสงภายนอกทรงพุ่มและใต้ทรงพุ่ม สลับกัน 4 ด้านตามทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก ตามลำดับ ด้วยเครื่องวัดแสง LI – 191 SA Line Quantum Sensor (บริษัท LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) Model LI–250 Light meter (บริษัท LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) การวางเครื่องวัดแสงภายนอกทรงพุ่ม จะวางออกมาห่างจากชายพุ่มประมาณ 1 เมตร ส่วนการวางเครื่องวัดแสงใต้ทรงพุ่มนั้น จะวางต่ำจากระดับชายพุ่มลงมาประมาณ 20 เซนติเมตร โดยวางห่างจากโคนต้น 2 ระยะ คือ 50 และ 100 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 2) และทำการวัดเฉพาะช่วงเวลา 10.00 – 14.00 น. เพื่อหลีกเลี่ยงการบังแสงจากต้นข้างเคียง และเป็นช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงสูง ตั้งแต่ประมาณ 1,200 – 2,000 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ วัดจำนวน 4 ต้นต่อสิ่งทดลอง (ทรงต้น) โดยวัด 2 ครั้ง คือ ช่วงก่อนและหลังเก็บเกี่ยวผล นำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มรับไว้ (light interception) ตามสูตรดังนี้ (พัชรียา, 2541)

$$\text{light interception (\%)} = \frac{(I_0 - I_L) \times 100}{I_0}$$

โดย I_0 คือ ความเข้มแสงนอกทรงพุ่ม มีหน่วยเป็น $\mu mol\ m^{-2} s^{-1}$

I_L คือ ความเข้มแสงที่ดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ L (ในที่นี้คือ ความเข้มแสงใต้ทรงพุ่ม มีหน่วยเป็น $\mu mol\ m^{-2} s^{-1}$)

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

<u>สถานที่ทำการทดลอง</u>

1. แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม

2. ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม

<u>ระยะเวลาในการทดลอง</u>

เริ่มทำการทดลองเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2546 สิ้นสุดการทดลองเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2548

ผล

1. อิทธิพลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อลักษณะทางกิ่งใบ

1.1 พื้นที่หน้าตัดลำต้น (trunk cross-sectional area, TCA)

พบว่าพื้นที่หน้าตัดลำต้นของระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเริ่มทำการทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง แต่เมื่อทำการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่เพิ่มขึ้นพบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีพื้นที่หน้าตัดลำต้นที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกับระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ Y-trellis ส่วนระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีพื้นที่หน้าตัดลำต้นที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัด ลำต้น ที่ระดับ 20 เซนติเมตรเหนือพื้นดินของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	พื้นที่หน้าตัดลำต้น เมื่อเริ่มทำการทดลอง (ซม.^{2})	พื้นที่หน้าตัดลำต้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ซม.^{2})	พื้นที่หน้าตัดลำต้น ที่เพิ่มขึ้น (ซม.^{2})
open center	22.80	62.86	40.06a[1/]
slender spindle	26.24	68.24	42.00a
palmette	23.93	58.33	34.40b
Y-trellis	23.65	60.59	36.94ab
F-test	ns	ns	*
C.V. (%)	12.34	7.73	8.71

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.2 พื้นที่ใบจำเพาะ (specific leaf area; SLA)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใบจำเพาะแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า SLA อยู่ในช่วง 89-96.45 ซม.^{2}/กรัม ระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีค่า SLA มากที่สุด และระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีค่า SLA น้อยที่สุด (ตารางที่ 3)

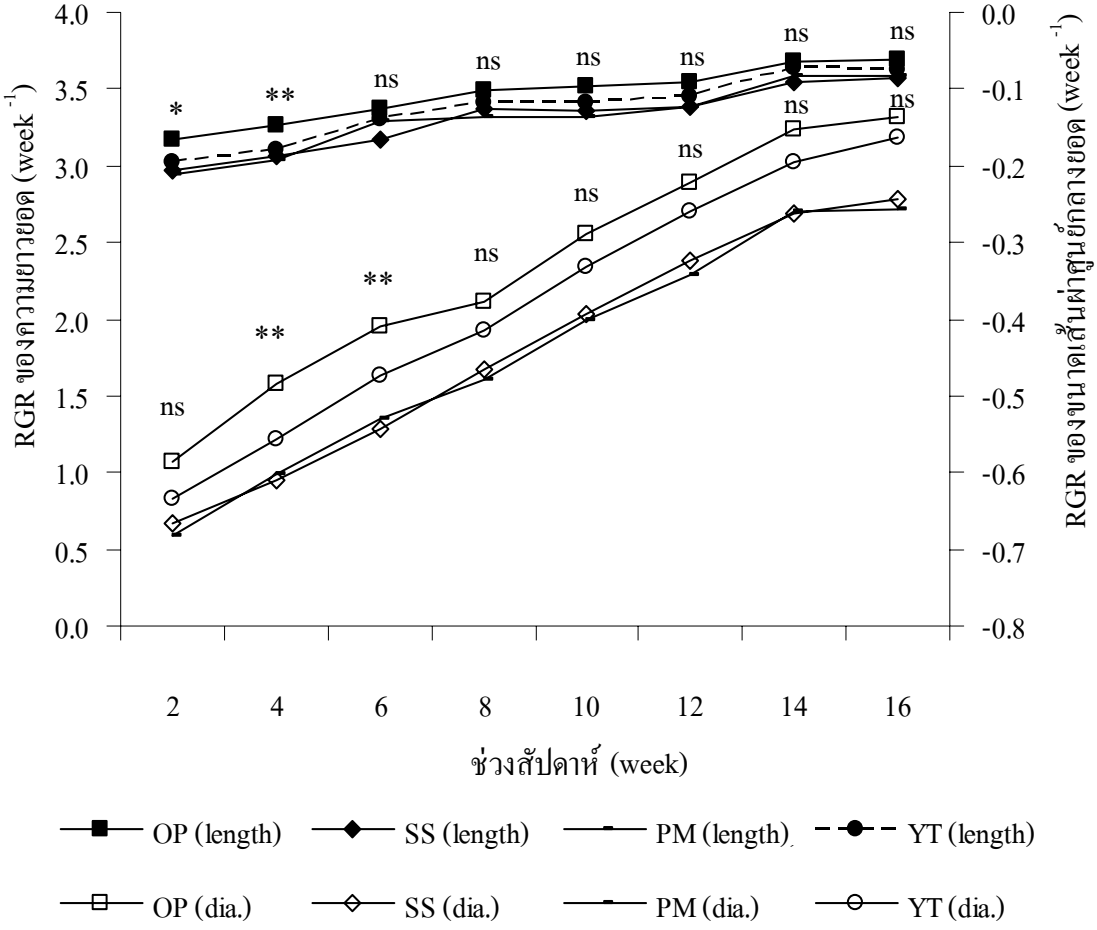
ตารางที่ 3 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใบจำเพาะของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	พื้นที่ใบจำเพาะ (ซม.^{2}/กรัม)
open center	89.00
slender spindle	91.66
palmette	96.45
Y-trellis	92.60
F-test	ns
C.V. (%)	10.9

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.3 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate; RGR) ของกิ่งยอด

จากการวัดความยาวและขนาดของกิ่งยอด ตั้งแต่เดือน มิถุนายน ถึงเดือน ตุลาคม เพื่อคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีค่าอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นในช่วง 6 สัปดาห์แรก แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 6 ไปแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate; RGR) ในส่วนความยาว (length) และเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter; dia.) ของกิ่งยอดของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต ตั้งแต่เดือน มิถุนายน ถึงเดือน ตุลาคม

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1.4 ปริมาตรของทรงพุ่ม (canopy volume)

ระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ปริมาตรของทรงพุ่มในระยะที่เก็บเกี่ยวผลผลิตหมดแล้วมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีปริมาตรของทรงพุ่มมากที่สุด รองลงมาคือ palmette และ Y-trellis ซึ่งมีปริมาตรของทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน และระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีปริมาตรของทรงพุ่มน้อยที่สุด (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อปริมาตรของทรงพุ่ม (เฉลี่ย) ของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	ปริมาตรของทรงพุ่ม/ต้น (ม.^{3})
open center	27.40a[1/]
slender spindle	13.69c
palmette	20.34b
Y-trellis	19.90b
F-test	**
C.V. (%)	18.33

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2. <u>อิทธิพลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อลักษณะการออกดอกและติดผล</u>

ชมพู่ในทุกรูปทรงต้นมีการออกดอกมาในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน โดยเริ่มออกดอกในช่วงปลายเดือนตุลาคม และสามารถแบ่งดอกออกได้เป็น 3 ชุดใหญ่ คือ ดอกชุดที่ 1 ออกช่วงปลายเดือนตุลาคม ดอกชุดที่ 2 ออกช่วงกลางเดือนพฤศจิกายน และดอกชุดที่ 3 ช่วงต้นเดือนมกราคม ส่วนดอกในชุดที่ 4 นั้นเริ่มออกในช่วงต้นเดือนมีนาคม ซึ่งดอกชุดนี้ไม่สามารถนับเป็นชุดได้ เนื่องจากดอกจะทยอยออกมาเรื่อย ๆ ไม่พร้อมกันทำให้เป็นชุดดอกย่อย ๆ หลายชุด และจากการสังเกตพบว่า ดอกมีขนาดเล็กลง เมื่อเทียบกับดอกชุดที่ 1 2 และ 3

2.1 จำนวนช่อดอกต่อต้น

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ช่อดอกต่อต้นรวมทุกชุด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีช่อดอกต่อต้นรวมทุกชุดมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกับระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีช่อดอกต่อต้นน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากจำนวนช่อดอกต่อต้นของดอกชุดที่ 2 ซึ่งมีจำนวนดอกมากกว่าดอกชุดอื่น ๆ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยทรงต้นแบบ open center มีช่อดอกต่อต้นมากที่สุด และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีช่อดอกต่อต้นน้อยที่สุด ส่วนดอกชุดที่ 1 3 และ4 นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นดอกชุดที่ 2 จึงมีผลต่อจำนวนช่อดอกต่อต้นรวมทุกชุดของแต่ละทรงต้น แต่พบว่าแนวโน้มโดยรวมของดอกทั้ง 3 ชุด ในทุกระบบรูปทรงต้น ดอกชุดที่ 1 มีดอกออกมาน้อยที่สุด และดอกชุดที่ 2 มีปริมาณดอกมากที่สุด และมีปริมาณดอกเริ่มลดลงในชุดที่ 3 โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีช่อดอกต่อต้นรวมทุกชุดมากที่สุด (788.42 ช่อ/ต้น) รองลงมาได้แก่ระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle (786.99 ช่อ/ต้น) ระบบรูปทรงต้นแบบ palmette (536.69 ช่อ/ต้น) และระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis (593.06 ช่อ/ต้น) ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนช่อดอกต่อต้นของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	จำนวนช่อดอกต่อต้น (ช่อดอก)				
	ดอก ชุดที่ 1	ดอก ชุดที่ 2	ดอก ชุดที่ 3	ดอก ชุดที่ 4	รวม
open center	17.51	236.98a[1/]	112.63	421.31	788.42a
slender spindle	15.92	201.86ab	156.75	412.47	786.99a
palmette	6.66	99.93c	116.57	313.53	536.69b
Y-trellis	10.08	122.79bc	126.69	333.49	593.06b
F-test	ns	*	ns	ns	**
C.V.(%)	71.36	36.06	31.72	16.40	11.16

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

2.2 จำนวนดอกต่อช่อ

พบว่าจำนวนดอกเฉลี่ยต่อช่อของระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.7-7.4 ดอก โดยระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีจำนวนดอกต่อช่อมากที่สุด (7.4 ดอก/ช่อ) และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีจำนวนดอกต่อช่อน้อยที่สุด (6.7 ดอก/ช่อ) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนดอกต่อช่อของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	จำนวนดอกต่อช่อ (ดอก)
open center	7.3
slender spindle	7.4
palmette	6.7
Y- trellis	7.1
F-test	ns
C.V. (%)	10.59

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2.3 จำนวนดอกต่อต้น

พบว่าผลการเปรียบเทียบทางสถิติเป็นไปทำนองเดียวกับค่าจำนวนช่อดอกต่อต้น คือ ระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ดอกต่อต้นเฉลี่ยรวมทุกชุด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีจำนวนดอกต่อต้นมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ open center และระบบรูปทรงต้นทั้งสองแบบมีดอกมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette ซึ่งมีจำนวนดอกต่อต้นน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาจำนวนดอกที่ออกแต่ละชุดพบว่า ระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลต่อจำนวนดอกต่อต้น ในดอกชุดที่ 1 และ 3 แต่มีผลต่อดอกชุดที่ 2 และ 4 ทำให้มีความแตกต่างกันทางสถิติ และแนวโน้มโดยรวมของจำนวนดอกต่อต้นของระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ พบว่า ระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีดอกต่อต้นรวมทุกชุดมากที่สุด (5879.37 ดอก/ต้น) รองลงมาได้แก่ระบบรูปทรงต้นแบบ open center (5777.50 ดอก/ต้น) Y-trellis (4230.50 ดอก/ต้น) และ palmette มีจำนวนดอกต่อต้นน้อยที่สุด (3612.50 ดอก/ต้น) ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนดอกต่อต้นของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	จำนวนดอกต่อต้น (ดอก)				
	ดอก ชุดที่ 1	ดอก ชุดที่ 2	ดอก ชุดที่ 3	ดอก ชุดที่ 4	รวม
open center	130.33	1794.09a[1/]	826.83	3026.25a	5777.50a
slender spindle	117.08	1534.83ab	1162.08	3065.38a	5879.37a
palmette	45.84	685.67c	755.25	2125.75b	3612.50b
Y-trellis	73.00	874.25bc	902.42	2380.83b	4230.50b
F-test	ns	*	ns	*	**
C.V. (%)	74.62	40.80	35.56	14.99	16.61

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

2.4 เปอร์เซ็นต์การติดผลตามธรรมชาติก่อนการปลิดผล

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การติดผลในชุดที่ 1 2 และ 3 มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในผลชุดที่ 4 โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center slender spindle และ Y-trellis มีเปอร์เซ็นการติดผลสูงกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ palmette โดยแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การติดผลของดอกแต่ละชุดพบว่า ระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุด รองลงมาคือ ระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle Y-trellis และ palmette ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การติดผลในดอกชุดที่ 4 นั้น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยตลอดฤดูกาลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle และ Y-trellis มีเปอร์เซ็นต์การติดผล

ไม่แตกต่างกับระบบรูปทรงต้นแบบ open center ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุด (66.92 %) และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีเปอร์เซ็นต์การติดผลน้อยที่สุด (38.79 %) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การติดผลตามธรรมชาติก่อนการปลิดผลของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	เปอร์เซ็นต์การติดผล[2/] (%)				
	ดอก ชุดที่ 1	ดอก ชุดที่ 2	ดอก ชุดที่ 3	ดอก ชุดที่ 4	เฉลี่ยตลอดฤดูกาลผลิต
open center	83.78	54.54	65.03	64.35a[1/]	66.92a
slender spindle	43.52	57.38	63.83	64.69a	57.35a
palmette	27.65	44.13	35.52	47.87b	38.79b
Y-trellis	54.85	47.29	48.50	63.33a	53.49ab
F-test	ns	ns	ns	**	*
C.V. (%)	47.87	24.32	31.30	11.28	18.70

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

2/ คำนวณจาก จำนวนดอกที่ติดผล/จำนวนดอกทั้งหมด x 100

2.5 เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผล (ตามธรรมชาติก่อนการห่อผล)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ทำให้เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผล มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในดอกชุดที่ 1 และ 3 ส่วนในดอกชุดที่ 2 นั้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับดอกชุดที่ 1 และ 3 โดยระบบรูปทรงต้นแบบ

palmette มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผลมากที่สุด และระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผลน้อยที่สุด ซึ่งความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผลในดอกชุดที่ 1 และ 3 ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผลเฉลี่ยจากดอกทุกชุด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผลน้อยที่สุด 39.17 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle และ Y-trellis และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผลมากที่สุด 70.38 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผล (ตามธรรมชาติก่อนการห่อผล) ของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผล[2/] (%)			
	ดอก ชุดที่ 1	ดอก ชุดที่ 2	ดอก ชุดที่ 3	เฉลี่ย
open center	24.98b[1/]	46.99	45.56b	39.17b
slender spindle	62.62ab	48.26	44.61b	51.83b
palmette	79.34a	62.49	69.30a	70.38a
Y-trellis	48.98ab	55.20	62.07ab	55.42ab
F-test	**	ns	**	**
C.V. (%)	43.23	18.69	25.27	19.46

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2/ คำนวณจาก จำนวนดอกและผลที่ร่วงทั้งหมดเฉลี่ยต่อต้น/จำนวนดอกทั้งหมดเฉลี่ยต่อต้น x 100

2.6 เปอร์เซ็นต์การปลิดผลออกก่อนการห่อผล

จากการปลิดผลตามวิธีการในภาคผนวก พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การปลิดผลเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ในดอกชุดที่ 1 และ 3 ส่วนดอกชุดที่ 2 มีการปลิดผลที่ไม่แตกต่างกัน โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การปลิดผลนั้นขึ้นอยู่กับ จำนวนช่อดอก และดอกต่อต้น คือ ระบบรูปทรงต้นที่มีจำนวนช่อดอกและดอกต่อต้นมากจะมีการปลิดผลทิ้งมากกว่าระบบรูปทรงต้นที่มีจำนวนช่อดอกและดอกต่อต้นน้อย ในดอกชุดที่1 และ3 นั้นระบบรูปทรงต้นแบบ open center slender spindle และ Y- trellis มีเปอร์เซ็นต์การปลิดผลทิ้งที่ใกล้เคียงกัน และมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ palmette ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การปลิดผลผลน้อยที่สุด ส่วนดอกชุดที่ 2 มีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle มีเปอร์เซ็นต์การปลิดผลทิ้งมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ palmette และ Y-trellis ซึ่งเปอร์เซ็นต์การปลิดผลที่แตกต่างกันในดอกชุดที่ 1 และ 3 ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การปลิดผลเฉลี่ยจากดอกทุกชุดมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center ทำการปลิดผลออกมากที่สุด 42.47 เปอร์เซ็นต์ slender spindle 37.96 เปอร์เซ็นต์ Y- trellis 30.60 เปอร์เซ็นต์ และ palmette 19.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

2.7 เปอร์เซ็นต์ผลที่ร่วงและสูญเสียหลังห่อผล

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดดอก โดยมีผลผลิตที่สูญเสียไปโดยเฉลี่ยจากชุดดอกที่ทำการไว้ผลผลิตทั้ง 3 ชุด อยู่ในช่วง 16.62-21.60 เปอร์เซ็นต์ โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตในช่วงหลังการห่อผลน้อยที่สุด และระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle Y- trellis และ palmette มีการสูญเสียผลในช่วงหลังห่อผลเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแต่ละชุดดอก พบว่า ดอกชุดที่ 1 เป็นชุดที่มีการร่วงและสูญเสียผลผลิตไปในช่วงหลังการห่อผลน้อยที่สุด อยู่ในช่วง 6.25-11.88 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มมากขึ้นในดอกชุดที่ 2 อยู่ในช่วง 7.59-18.58 เปอร์เซ็นต์ และดอกชุดที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ผลที่ร่วงและสูญเสียไปในช่วงหลังห่อผลมากที่สุด อยู่ในช่วง 25.17-31.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 10 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การปลิดผลของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	เปอร์เซ็นต์การปลิดผล[2/] (%)			
	ดอก ชุดที่ 1	ดอก ชุดที่ 2	ดอก ชุดที่ 3	เฉลี่ย
open center	36.54a[1/]	45.95	44.93a	42.47a
slender spindle	22.34a	43.85	47.69a	37.96ab
palmette	3.96b	30.78	23.29b	19.35c
Y-trellis	24.16a	37.02	30.62ab	30.60b
F-test	**	ns	**	**
C.V. (%)	50.02	22.16	31.86	17.85

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2/ คำนวณจาก จำนวนดอกและผลที่ปลิดออกทั้งหมดเฉลี่ยต่อต้น/จำนวนดอกทั้งหมดเฉลี่ยต่อต้น x 100

หมายเหตุ ทำการปลิดดอกชุดที่ 4 ในระยะติดผลและผลที่กำลังพัฒนาทิ้งหมด เนื่องจากการไว้ผลชุดนี้จะมีผลทำให้

1. การตัดแต่งจัดรูปทรงต้นในปีที่สองล่าช้าไปไม่ทันฤดูฝน
2. การไว้ผลชุดนี้อีกอาจทำให้ต้นโทรมได้
3. ในต้นเดียวมีดอกหลายระยะปนกันทำให้ยากต่อการจัดการ
4. ผลผลิตในช่วงฤดูร้อนมีคุณภาพไม่ดี เช่น สีผลซีด เป็นต้น และอาจได้รับความเสียหายมากเมื่อมีฝนตกมามาก เนื่องจากมีผลผลิตบางส่วนจะเก็บเกี่ยวได้ช่วงเข้าฤดูฝน

ตารางที่ 11 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลที่ร่วงและสูญเสียหลังห่อผล (หลังจากห่อผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผล) ของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	เปอร์เซ็นต์ผลที่ร่วงและสูญเสียหลังห่อผล (หลังจากห่อผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผล)[1/] (%)			
	ดอก ชุดที่ 1	ดอก ชุดที่ 2	ดอก ชุดที่ 3	เฉลี่ย
open center	11.26	11.61	25.17	16.62
slender spindle	11.88	9.36	27.18	17.99
palmette	6.25	18.58	28.81	21.60
Y-trellis	10.19	7.59	31.74	21.51
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	45.39	29.31	32.68	39.88

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1/ เปอร์เซ็นผลที่ร่วงและสูญเสียหลังห่อผล ที่เกิดขึ้นหลังจากที่ทำการห่อผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งเกิดจากการร่วงหล่นไปตามธรรมชาติ หรือได้รับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และถูกโรคและแมลงทำลายจนทำให้ผลร่วงไปก่อนการเก็บเกี่ยว โดยคำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลที่ร่วงและสูญเสียหลังห่อผล} = \frac{\text{ผลที่ร่วงและสูญเสียหลังห่อผลเฉลี่ยต่อต้น} \times 100}{\text{จำนวนผลที่ทำการห่อผลเฉลี่ยต่อต้น}}$$

3. <u>อิทธิพลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อการให้ผลผลิต</u>

3.1 น้ำหนักผลผลิตต่อต้น

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลต่อทำให้น้ำหนักผลต่อต้นรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีน้ำหนักผลผลิตรวมเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle และทั้งสองระบบรูปทรงต้นให้ผลผลิตมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y- trellis และ palmette ซึ่งเป็นระบบรูปทรงต้นที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตในแต่ละชุด พบว่า ผลผลิตชุดที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนในชุดที่ 3 นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12)

<u>ตารางที่ 12</u> ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตต่อต้นของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	น้ำหนักผลผลิตต่อต้น (กิโลกรัม)			
	ดอก ชุดที่ 1	ดอก ชุดที่ 2	ดอก ชุดที่ 3	รวม
open center	1.41a[1/]	14.41a	5.76	21.58a
slender spindle	0.39b	12.89a	6.75	20.03a
palmette	0.12b	6.70b	3.75	10.57b
Y-trellis	0.58b	8.41b	4.02	13.01b
F-test	**	**	ns	**
C.V.(%)	63.1	23.39	37.67	21.58

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

3.2 จำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้น

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้จำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีจำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้นมากที่สุด รองลงมาได้แก่ระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle Y- trellis และ palmette ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบจำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้นในแต่ละชุดพบว่า จำนวนผลในชุดที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนในชุดที่ 3 นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนผลที่ เก็บเกี่ยวได้ต่อต้นของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	จำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้น (ผล)			
	ดอก ชุดที่ 1	ดอก ชุดที่ 2	ดอก ชุดที่ 3	รวม
open center	14.67a[1/]	116.58a	47.58	178.83a
slender spindle	3.83b	103.58ab	55.17	162.58a
palmette	1.25b	56.25c	32.58	90.08b
Y-trellis	5.83b	70.33bc	35.17	111.33b
F-test	**	**	ns	**
C.V.(%)	67.75	25.88	33.25	22.16

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan’s new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

3.3 น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อผลมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล อยู่ในช่วง 118.72-122.13 กรัม และมีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle จะมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลสูงกว่าระบบรูปทรงต้นแบบอื่น และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลน้อยที่สุด (ตารางที่ 14)

3.4 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (62 ต้น/ไร่)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลต่อทำให้ผลผลิตต่อไร่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center ให้ผลผลิตต่อไร่มากที่สุด (1338.72 กิโลกรัม/ไร่) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle (1241.92 กิโลกรัม/ไร่) และทั้งสองระบบรูปทรงต้นให้ผลผลิตต่อไร่มากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y- trellis (806.43 กิโลกรัม/ไร่) และ palmette (655.50 กิโลกรัม/ไร่) (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลและปริมาณผลผลิตต่อไร่ (62 ต้น/ไร่) ของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล (กรัม)	ปริมาณผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
open center	121.14	1338.72a[1/]
slender spindle	122.13	1241.92a
palmette	118.72	655.50b
Y-trellis	119.13	806.43b
F-test	ns	**
C.V. (%)	4.86	21.58

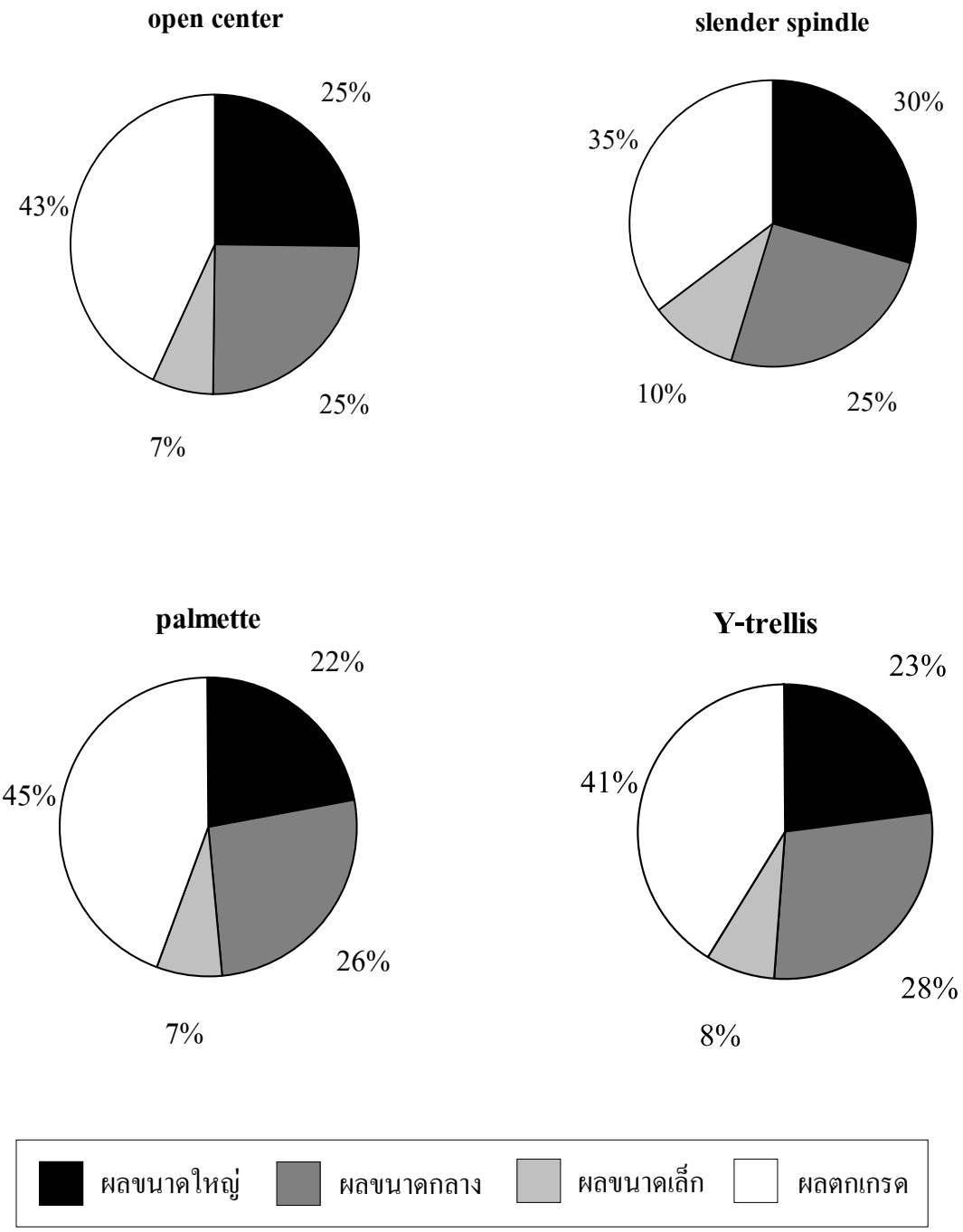
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

3.5 การจัดชั้นคุณภาพผล (เกรด)

จากการจัดชั้นคุณภาพผลโดยการคัดเป็นเกรดต่าง ๆ ตามที่ปฏิบัติในตลาดค้าส่งปฐมมงคล จ. นครปฐม (ตารางผนวกที่ 5) พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้น้ำหนักผลในเกรดต่าง ๆ เฉลี่ยต่อต้น ในเกรดผลขนาดใหญ่ ผลขนาดกลาง และผลที่ตกเกรด มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีน้ำหนักผลในเกรดผลขนาดใหญ่มากที่สุด (5.92 กิโลกรัมต่อต้น) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับระบบรูปทรงต้นแบบ open center (5.47 กิโลกรัมต่อต้น)และทั้งสองระบบรูปทรงต้น มีน้ำหนักผลในเกรดผลขนาดใหญ่มากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis (2.99 กิโลกรัมต่อต้น) และ palmette (2.35 กิโลกรัมต่อต้น) ในเกรดผลขนาดกลาง พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีน้ำหนักผลมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle และ Y-trellis ส่วนระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีน้ำหนักผลในเกรดนี้น้อยที่สุด ในเกรดผลขนาดเล็ก พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้น้ำหนักผลในเกรดต่าง ๆ เฉลี่ยต่อต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีน้ำหนักผลในเกรดนี้มากที่สุด และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีน้ำหนักผลในเกรดนี้น้อยที่สุด และในผลที่ตกเกรด พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีน้ำหนักผลที่ตกเกรดมากที่สุด รองลงมาคือระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle Y-trellis และ palmette ตามลำดับ (ตารางที่ 15) และเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีผลผลิตเกรดผลขนาดใหญ่มากที่สุด (30%) และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีผลผลิตเกรดผลขนาดใหญ่น้อยที่สุด (22%) ส่วนผลที่ตกเกรดเนื่องจากได้รับความเสียหายจากการเข้าทำลายของโรคและแมลงแต่ยังสามารถจำหน่ายได้ พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีเปอร์เซ็นต์ผลที่ตกเกรดมากที่สุด (45%) รองลงมาคือระบบรูปทรงต้นแบบ open center (43%) Y-trellis (41%) และ slender spindle (35%) ตามลำดับ (ภาพที่ 13) ซึ่งราคาขายเฉลี่ยของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์แต่ละเกรดในช่วงที่ตรงกับช่วงเก็บเกี่ยวผล (เดือนธันวาคม 2547 ถึงเดือนเมษายน 2548) จากตลาดกลางค้าส่งสี่มุมเมือง (รังสิต) และตลาดปฐมมงคล พบว่าชมพู่เกรดผลขนาดใหญ่ มีราคาเฉลี่ย 25.40 บาทต่อกิโลกรัม ผลขนาดกลาง 16.71 บาทต่อกิโลกรัม ผลขนาดเล็ก 10.95 บาทต่อกิโลกรัม และผลตกเกรด 7.00 บาทต่อกิโลกรัม (ตารางผนวกที่ 5)



ภาพที่ 13 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบในการปลูกระยะชิด ที่มีต่อการจัดชั้นคุณภาพผล (เกรด) โดยการคัดเป็นเกรดต่าง ๆ ตามที่ปฏิบัติในตลาดค้าส่งปฐมมงคล จ. นครปฐม

ตารางที่ 15 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อน้ำหนักผลในเกรดต่าง ๆ เฉลี่ยต่อต้น (ตลอดฤดูกาลผลิต) ของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	น้ำหนักผล (กิโลกรัม) ในเกรดต่าง ๆ เฉลี่ยต่อต้น (ตลอดฤดูกาลผลิต)				
	ผลขนาดใหญ่	ผลขนาดกลาง	ผลขนาดเล็ก	ผลตกเกรด[2/]	รวมทั้งหมด
open center	5.47a[1/]	5.42a	1.43	9.27a	21.59a
slender spindle	5.92a	5.06a	1.97	7.08b	20.03a
palmette	2.35b	2.76b	0.78	4.68c	10.57b
Y-trellis	2.99b	3.65ab	0.99	5.38bc	13.01b
F-test	**	*	ns	**	**
C.V. (%)	33.23	27.51	59.94	19.58	21.58

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

2/ ผลตกเกรด คือ ผลที่มีขนาดเล็กกว่าเกรดผลขนาดเล็ก โดยมีน้ำหนักผลต่ำกว่า 80 กรัม รวมทั้งผลที่ได้รับความเสียหายแต่ไม่มากนัก สามารถจำหน่ายได้ เช่น ผลแตก เป็นแผลช้ำ มีรอยขูดขีดและผลที่ได้รับความเสียหายจากโรคและแมลง เป็นต้น

3.6 การคำนวณเปรียบเทียบรายได้จากผลผลิตของการจัดทรงต้นในระบบต่าง ๆ

จากการนำผลผลิตในเกรดต่าง ๆ มาคำนวณหารายได้จากการขายผลผลิตต่อต้น โดยใช้ราคาเฉลี่ยที่ขายได้ ณ ตลาดค้าส่งสี่มุมเมือง(รังสิต) ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2548 ซึ่งตรงกับช่วงที่ทำการเก็บเกี่ยวผล (ตารางผนวกที่ 5) พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center ให้ผลผลิตขายได้เป็นจำนวนเงินมากที่สุด 310.05 บาทต่อต้น รองลงมาคือ ระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle 305.90 บาทต่อต้น ระบบรูปทรงต้นแบบ Y- trellis 185.48 บาทต่อต้น และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette ให้ผลผลิตขายได้เป็นจำนวนเงินน้อยที่สุด 147.09 บาทต่อต้น ตามลำดับ และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับรายได้จากการขายผลผลิตต่อไร่ โดยระบบ

รูปทรงต้นแบบ open center มีรายได้จากการขายผลผลิตต่อไร่ คิดเป็น 19223.29 บาทต่อไร่ ระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle คิดเป็น 18965.89 บาทต่อไร่ ระบบรูปทรงต้นแบบ Y- trellis คิดเป็น 11500.10 บาทต่อไร่ และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette คิดเป็น 9119.43 บาทต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 16 และ 17)

ตารางที่ 16 ผลการคำนวณจำนวนเงินที่ขายผลผลิตได้เฉลี่ยต่อต้นของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

เกรด	จำนวนเงินที่ขายได้ (บาท) ต่อต้น [1/]			
	open center	slender spindle	palmette	Y-trellis
ผลขนาดใหญ่	138.92	150.19	59.68	76.00
ผลขนาดกลาง	90.51	84.54	46.10	60.96
ผลขนาดเล็ก	15.70	21.61	8.52	10.87
ผลตกเกรด	64.92	49.56	32.78	37.65
รวมเป็นเงิน	310.05	305.90	147.08	185.48

1/ คำนวณโดยใช้เกณฑ์ราคาเฉลี่ยในช่วงที่ทำการเก็บเกี่ยวผล ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2548 จากตารางผนวกที่ 5

ตารางที่ 17 ผลการคำนวณจำนวนเงินที่ขายผลผลิตได้เฉลี่ยต่อไร่ของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

เกรด	จำนวนเงินที่ขายได้ (บาทต่อไร่) (62 ต้นต่อไร่)			
	open center	slender spindle	palmette	Y-trellis
ผลขนาดใหญ่	8612.81	9311.69	3700.27	4712.17
ผลขนาดกลาง	5611.45	5241.61	2858.23	3779.57
ผลขนาดเล็ก	973.69	1339.85	528.33	674.01
ผลตกเกรด	4025.34	3072.74	2032.59	2334.35
รวมเป็นเงิน	19223.29	18965.89	9119.42	11500.10

3.7 ประสิทธิภาพของผลผลิตพื้นฐาน (basis of yield efficiency) และ ความหนาแน่นของผลผลิต (yield density)

ประสิทธิภาพของผลผลิต (basis of yield efficiency)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ประสิทธิภาพของผลผลิต มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยค่าประสิทธิภาพของผลผลิตที่คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดของลำต้นและค่าที่คำนวณจากปริมาตรของทรงพุ่ม เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle มีค่าประสิทธิภาพของผลผลิตสูงกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette ซึ่งมีประสิทธิภาพของผลผลิตน้อยที่สุด โดยเมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของลำต้นพบว่า ระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีค่าประสิทธิภาพของผลผลิตสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle Y-trellis และ palmette ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรทรงพุ่มพบว่า ระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีค่าประสิทธิภาพของผลผลิตสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ระบบรูปทรงต้นแบบ open center Y-trellis และ palmette ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ความหนาแน่นของผลผลิต (yield density)

พบว่าเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ ค่าความหนาแน่นของผลผลิตของระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ เป็นไปทำนองเดียวกับค่าประสิทธิภาพของผลผลิต คือ มีผลทำให้ความหนาแน่นของผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center ความหนาแน่นของผลผลิตสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีความหนาแน่นของผลผลิตน้อยที่สุด (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพของผลผลิตและความหนาแน่นของผลผลิตของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	ประสิทธิภาพของผลผลิต		ความหนาแน่นของผลผลิต (ผล/ซม.^{2} TCA)
	ปริมาณผลผลิต/พื้นที่หน้าตัดของลำต้น (กก./ซม.^{2} TCA)	ปริมาณผลผลิต/ปริมาตรทรงพุ่ม (กก./ม^3)	
open center	0.34a[1/]	0.79b	2.80a
slender spindle	0.29ab	1.46a	2.37ab
palmette	0.18c	0.52b	1.56c
Y-trellis	0.22bc	0.65b	1.85bc
F-test	**	**	*
C.V.(%)	19.64	29.23	20.77

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

4. <u>อิทธิพลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อคุณภาพผล</u>

4.1 คุณภาพของผลภายนอก

น้ำหนักผล

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้น้ำหนักผลเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 131-140 กรัม โดยมีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีขนาดผลที่ใหญ่กว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle palmette และ Y-trellis (ตารางที่ 19)

ความกว้างและความยาวผล

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ความกว้างและความยาวเฉลี่ยของผลมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความกว้างผลอยู่ในช่วง 6.35-6.41 เซนติเมตร และมีความยาวของผลอยู่ในช่วง 8.49-8.65 เซนติเมตร โดยมีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีความกว้างเฉลี่ยของผลมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบอื่น ๆ และระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีความยาวเฉลี่ยของผลมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบอื่น ๆ (ตารางที่ 19)

ปริมาตรของผล

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาตรของผลมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาตรของผลอยู่ในช่วง 153.34-145.00 มิลลิลิตร มีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีปริมาตรของผลมากที่สุด รองลงมาได้แก่ระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis palmette และ slender spindle ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก ความกว้าง ความยาว และปริมาตรของผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	น้ำหนักผล (กรัม)	ความกว้างผล (ซม.)	ความยาวผล (ซม.)	ปริมาตรผล (มล.)
open center	140.11	6.41	8.65	153.34
slender spindle	132.52	6.38	8.60	145.00
palmette	132.66	6.46	8.50	146.00
Y-trellis	131.28	6.35	8.49	151.34
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	8.11	2.54	3.96	9.06

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ความหนาแน่นของผล (density)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ความหนาแน่นเฉลี่ยของผลมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของผลอยู่ในช่วง 0.92-0.94 กรัมต่อมิลลิลิตร และมีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของผลมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบอื่น ๆ (ตารางที่ 20)

ความแน่นเนื้อ (firmness)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ความแน่นเนื้อมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 32-35 นิวตัน โดยทรงต้นแบบ open center มีค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยมากที่สุด 35.01 นิวตัน และระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis มีค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยน้อยที่สุด 32.31นิวตัน (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของผลและความแน่นเนื้อของผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	ความหนาแน่นของผล (กรัม/มล.)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)
open center	0.94	35.01
slender spindle	0.95	33.83
palmette	0.93	32.86
Y-trellis	0.92	32.31
F-test	ns	ns
C.V. (%)	2.31	12.61

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สีผิวผล

จากการวัดสีผิวผล โดยแสดงผลเป็นค่า L, a, b พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันโดยระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้สีผิวผลมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความสว่าง (L) อยู่ในช่วง 29.49-31.72 ค่า a อยู่ในช่วง 22.35-22.75 และค่า b อยู่ในช่วง 10.34-12.92 (ตารางที่ 21)

4.2 คุณภาพภายในของผล

เปอร์เซ็นต์ส่วนของผลที่สามารถรับประทานได้ (recovery)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ส่วนของผลที่สามารถรับประทานได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ของผลในส่วนที่สามารถรับประทานได้อยู่ในช่วง 86.95-91.50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ Y-trellis มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของผลในส่วนที่สามารถรับประทานได้มากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle และ palmette (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของสีผิวผลชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	สีผิวผล[1/]		
	L	a	b
open center	30.35	+ 22.35	+ 10.93
slender spindle	29.49	+ 22.45	+ 10.34
palmette	30.74	+ 22.73	+ 12.92
Y-trellis	31.72	+ 22.75	+ 11.44
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	3.5	6.33	19.27

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1/ สีผิวผล แสดงผลเป็นค่า L a b
ค่า L = ค่าความสว่าง
ค่า a แบ่งออกเป็น –a = สีเขียว และ +a = สีแดง
ค่า b แบ่งออกเป็น –b = สีน้ำเงิน และ +b = สีเหลือง

ตารางที่ 22 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ส่วนของผลที่สามารถรับประทานได้ (recovery) ของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	เปอร์เซ็นต์ส่วนของผลที่สามารถรับประทานได้ (%)
open center	91.50
slender spindle	88.79
palmette	86.95
Y-trellis	91.20
F-test	ns
C.V. (%)	3.88

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ TSS มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของ TSS อยู่ในช่วง 10.30-11.21 °Brix โดยมีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีค่า TSS สูงกว่าระบบรูปทรงต้นแบบอื่น ๆ (ตารางที่ 23)

เปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้ (TA)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ TA มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ TA อยู่ในช่วง 0.16-0.20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 23)

อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อเปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้อัตราส่วน TSS/TA มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วน TSS/TA อยู่ในช่วง 52.41-71.85 ซึ่งระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีค่าอัตราส่วน TSS/TA มากที่สุด และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีค่าน้อยที่สุด (ตารางที่ 23)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำคั้น

พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันโดยระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ pH ในน้ำคั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของ pH ในน้ำคั้นอยู่ในช่วง 4.25-4.30 (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของ TSS TA TSS/TA และ pH ในน้ำคั้นจากเนื้อผลของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต

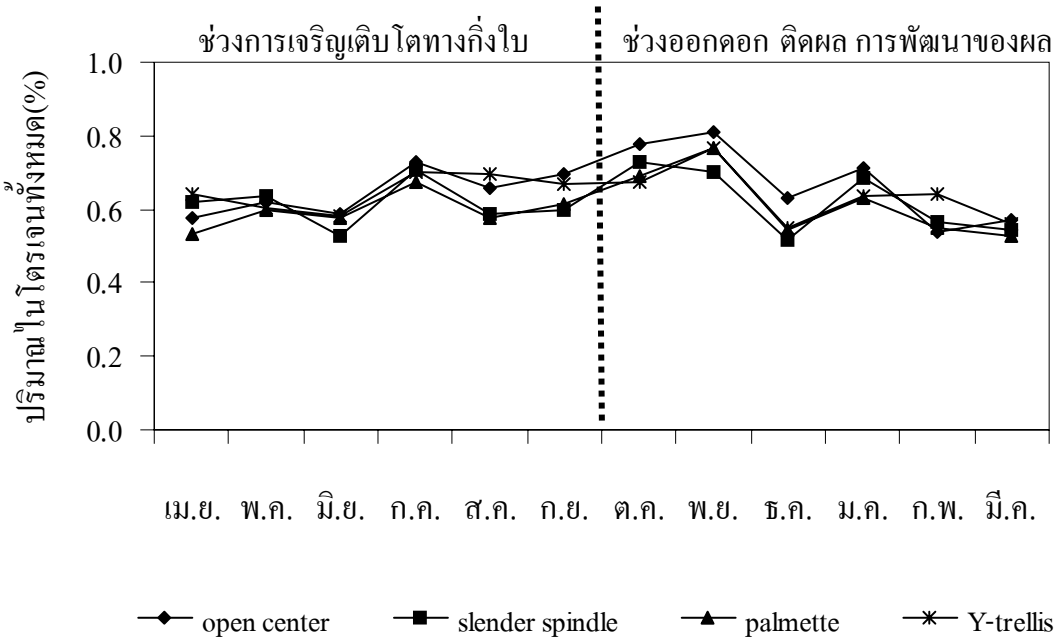
ระบบรูปทรงต้น	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA	pH
open center	10.90	0.18	60.78	4.30
slender spindle	11.21	0.16	71.85	4.29
palmette	10.30	0.20	52.41	4.25
Y-trellis	10.39	0.19	60.78	4.26
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	4.97	15.06	18.23	1.92

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

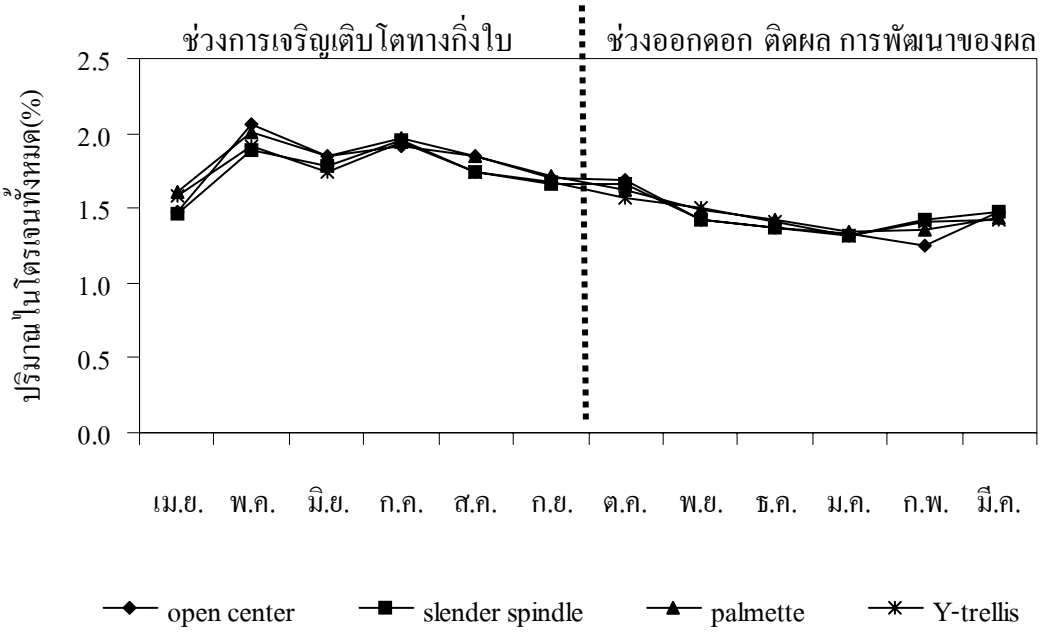
5. การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง และอัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในกิ่งและใบ

5.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen; TN)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกิ่งและใบในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ระหว่างการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกิ่งมีปริมาณน้อยกว่าในใบ แต่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่อนข้างคงที่มากกว่าในใบ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน คือ มีปริมาณสูงในช่วงเดือนพฤษภาคม จากนั้นมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ โดยลดลงต่ำมากในช่วงที่มีการออกดอกติดผลและการพัฒนาของผล ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-มีนาคม ซึ่งตรงข้ามกับในกิ่งที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ภาพที่ 14 15 และ ตารางผนวกที่ 1)



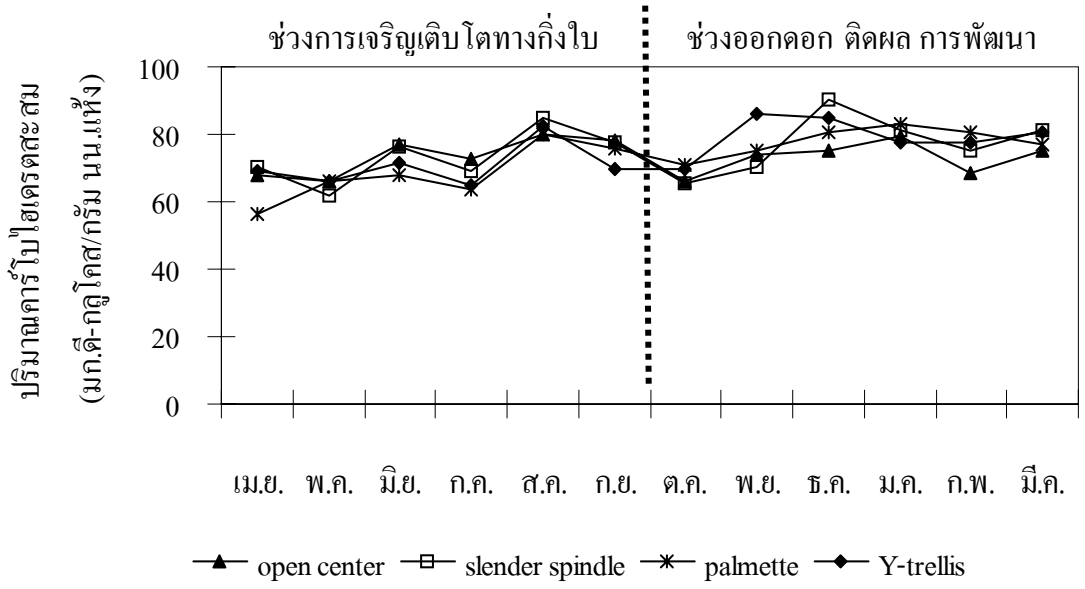
ภาพที่ 14 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกิ่ง ของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ ในเดือนต่าง ๆ



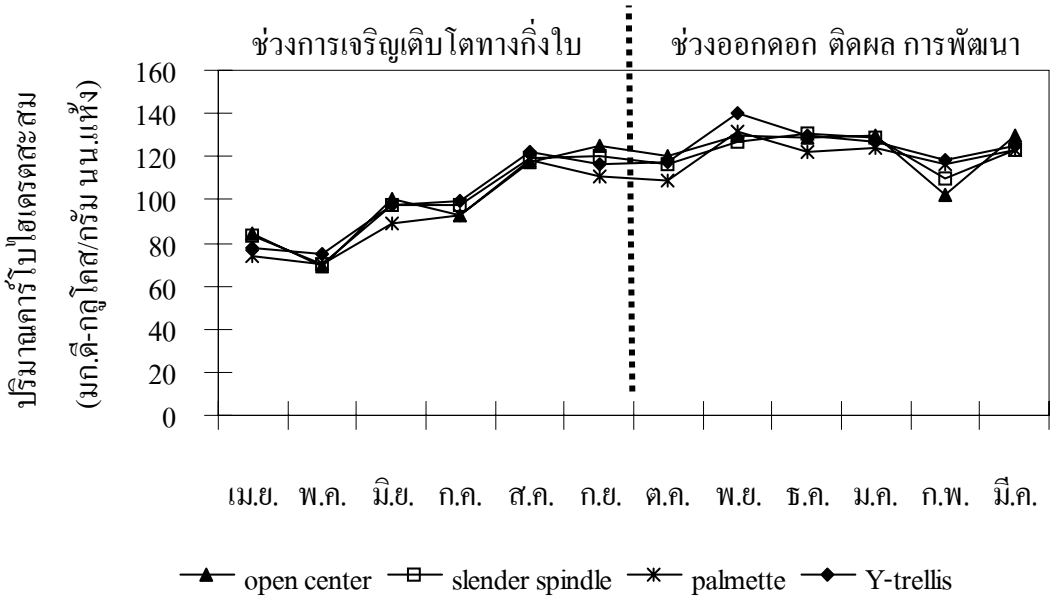
ภาพที่ 15 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบ ของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ ในเดือนต่าง ๆ

5.2 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC)

พบว่าปริมาณ TNC ในกิ่งมีปริมาณน้อยกว่าในใบ และระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ปริมาณ TNC ในกิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติในเดือนเมษายน กรกฎาคม และพฤศจิกายน ซึ่งปริมาณ TNC ในกิ่งนั้นมีการเพิ่มสูงสุด 2 ช่วง คือ ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม ส่วนปริมาณ TNCในใบ พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ปริมาณ TNC ในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติในเดือนมิถุนายนและกันยายน โดยมีการเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่เดือนเมษายนไปจนถึงเดือนสิงหาคมจึงเริ่มมีปริมาณคงที่ไปจนถึงเดือนมีนาคม และมีปริมาณ TNC ในใบสูงที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (ภาพที่ 16 17 และ ตารางผนวกที่ 2)



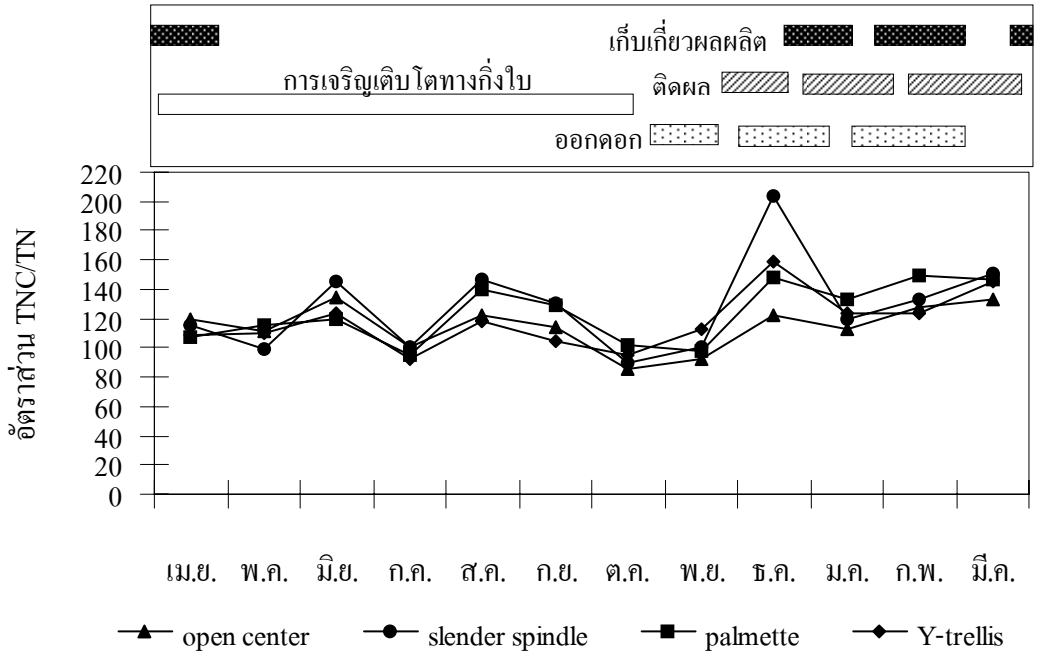
ภาพที่ 16 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในกิ่งของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในเดือนต่าง ๆ



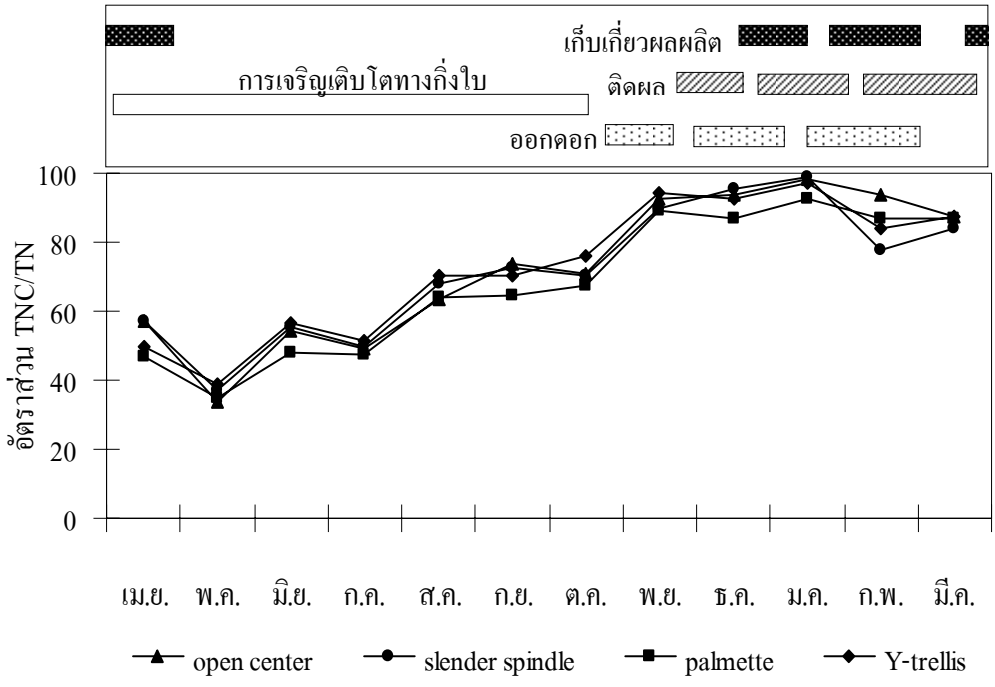
ภาพที่ 17 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในเดือนต่าง ๆ

5.3 อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TNC/TN)

พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ค่า TNC/TN ในกิ่งและใบในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ระหว่างการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่า TNC/TN ในกิ่งมีมากกว่าในใบ แต่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า TNC/TN ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่แน่นอน ส่วนค่า TNC/TN ในใบนั้นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงของ TNC/TN ที่ชัดเจนมากกว่าในกิ่ง โดยมีลักษณะการเปลี่ยนแปลง คือ มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทุกเดือนในช่วงการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ และมีค่ามากและคงที่ในช่วงที่มีการออกดอก ติดผลและการพัฒนาของผล (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน) โดยในกิ่งมีค่า TNC/TN มากที่สุดในช่วงเดือนธันวาคม ส่วนในใบมีค่ามากที่สุดในเดือนมกราคม (ภาพที่ 18 19 และตารางผนวกที่ 3)



ภาพที่ 18 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง TNC/TN ratio ในกิ่งของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ ในเดือนต่าง ๆ



ภาพที่ 19 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง TNC/TN ratio ในใบของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ ในเดือนต่าง ๆ

6. <u>ความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มรับไว้</u> (light interception)

จากการวัดความเข้มแสงที่ทรงพุ่มรับไว้ 2 ครั้ง คือ ช่วงก่อนให้ผลผลิตและหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตหมดแล้ว โดยทำการวัด 2 ระยะ คือ ที่ระยะห่างจากโคนต้น 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 2) พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มรับไว้ในช่วงก่อนการให้ผล ที่ระยะ 50 เซนติเมตร จากโคนต้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และที่ระยะ 100 เซนติเมตร จากโคนต้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยทั้งสองระยะระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีค่าความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มรับไว้มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ Y-trellis ส่วนระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีค่าความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มรับไว้น้อยที่สุด และเมื่อทำการวัดอีกครั้งหลังจากเก็บผลผลิตหมดแล้ว พบว่าค่าความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มรับไว้ในแต่ละระบบรูปทรงต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มรับไว้ในช่วงก่อนและหลังการให้ผลผลิต

ระบบรูปทรงต้น	ความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มรับไว้ (เปอร์เซ็นต์)			
	ก่อนให้ผลผลิต		หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต	
	ที่ 50 ซ.ม. จากโคนต้น	ที่ 100 ซ.ม. จากโคนต้น	ที่ 50 ซ.ม. จากโคนต้น	ที่ 100 ซ.ม. จากโคนต้น
open center	95.66a[1/]	86.52a	95.57	91.41
slender spindle	97.45a	89.91a	95.00	94.31
palmette	84.79b	62.05b	97.20	89.70
Y-trellis	92.55a	75.18ab	97.72	94.39
F-test	*	**	ns	ns
C.V. (%)	5.08	12.79	2.70	7.91

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1/ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

วิจารณ์

จากการวัดขนาดของลำต้นเพื่อคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของลำต้น พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีพื้นที่หน้าตัดลำต้นที่ใกล้เคียงกัน ทั้งจากการวัดในช่วงเริ่มการทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 2) ซึ่งต่างกับรายงานในไม้ผลอื่น ๆ เช่น แอปริคอตที่ปลูกโดยใช้ระยะปลูกเท่ากัน พบว่าการจัดทรงต้นแบบ spindle ทำให้มีพื้นที่หน้าตัดของลำต้นมากกว่าทรงต้นแบบ Y-trellis ถึง 62.7 เปอร์เซ็นต์ (Monastra and De Salvador, 1999) ในเชอรี่ พบว่าการจัดรูปทรงแบบ vase (open center) มีพื้นที่หน้าตัดลำต้นมากกว่าทรงต้นแบบ palmette (Moreno *et al*., 1998) โดยการทดลองในครั้งนี้เป็นช่วงปีแรกของการจัดระบบรูปทรงต้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ไม่สามารถเห็นผลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อพื้นที่หน้าตัดของลำต้นได้ชัดเจน สอดคล้องกับในแอปเปิลที่ปลูกโดยใช้ระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ พบว่าในช่วง 3-4 ปีแรกหลังปลูก มีพื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่ไม่แตกต่างกัน (Crassweller and Smith, 2004) เช่นเดียวกับในท้อ (Miller and Scorza, 2002) และในสาลี่พันธุ์ Golden Russet Bosc ที่จัดทรงต้นแบบ palmette ที่มีขนาดของลำต้นไม่แตกต่างกับ ทรงต้นแบบ slender spindle (Mielke and Seavert, 1998) และเมื่อคำนวณขนาดของพื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่เพิ่มขึ้น ทำให้เห็นผลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อการเจริญเติบโตของชมพู่ได้ชัดเจนขึ้น โดยพบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีพื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งที่การวัดพื้นที่หน้าตัดของลำต้นปกติไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลทำให้การเจริญเติบโตมีความแตกต่างกัน โดยระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle open center และ Y-trellis มีพื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน และมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ palmette ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดลำต้นที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีการสูญเสียพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสงไปมากกว่าการจัดระบบรูปทรงต้นแบบอื่น ๆ จากการตัดแต่งกิ่งเพื่อจัดรูปทรงต้นในปีแรก ซึ่งการตัดแต่งกิ่งนั้นเป็นการนำเอาส่วนของกิ่งยอด ใบ และส่วนอื่น ๆ ที่มีการสะสมอาหารออกไป และเป็นการลดจำนวนใบในการสังเคราะห์แสง (Brunner, 1990) จึงมีผลไปลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมมากพอที่จะยับยั้งการเพิ่มขนาดของลำต้นได้ (Mika, 1986) และพบว่ามีการบดบังแสงในช่วงแรกของการจัดรูปทรงต้นจากชั้นของกิ่งที่อยู่เหนือกว่าขึ้นไป โดยจากค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใบจำเพาะของระบบรูปทรงต้นแบบ palmette ที่มีแนวโน้มมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบอื่น (ตารางที่ 3) ทำให้มีการสังเคราะห์แสงลดลง (Wilson, 1990) ส่งผลให้มีคาร์โบไฮเดรตสะสมในส่วนต่าง ๆ ของต้นลดลง (Cheng and Fuchigami, 2002) เนื่องจากชมพู่เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีขนาดใบใหญ่และหนา (สุพจน์, 2543) จึงทำให้มีการบดบังแสงเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลเขตหนาวซึ่งส่วนใหญ่จะมีใบที่เล็กกว่า

จากการวัดอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ในช่วงการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบมาก พบว่าผลของระบบรูปทรงต้นทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตของกิ่งยอดในช่วง 6 สัปดาห์แรกมีความแตกต่างกัน โดยมีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีอัตราการเจริญเติบโตของกิ่งยอดสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis palmette และ slender spindle ตามลำดับ (ภาพที่ 12) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีมุมของกิ่งหลักที่ทำกับลำต้นที่ต่างกัน โดยทรงต้นแบบ open center และ Y- trellis มีมุมของกิ่งที่ทำกับลำต้น อยู่ในช่วง 45-60 องศา จึงทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตของกิ่งยอดที่ใกล้เคียงกัน และสูงกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ palmette และ slender spindle ซึ่งจัดกิ่งทำมุมกับลำต้น 70-80 องศา จึงไปส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของกิ่งยอดลดลงมากกว่า แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 6 ไปแล้วพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของกิ่งยอดในแต่ละระบบรูปทรงต้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก อาจเนื่องมาจากสายโยงยึด (trellis) เริ่มมีการหย่อนจึงทำให้มุมของกิ่งที่ทำกับลำต้นเปลี่ยนแปลงไป แต่ก็แสดงแนวโน้มที่ชัดเจนว่าระบบรูปทรงต้นที่มีมุมของกิ่งที่ทำกับลำต้นมากสามารถลดการเจริญเติบโตของกิ่งยอดได้

ผลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อปริมาตรของทรงพุ่ม พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีปริมาตรของทรงพุ่มมากที่สุด รองลงมาได้แก่ระบบรูปทรงต้นแบบ palmette Y-trellis ซึ่งมีปริมาตรของทรงพุ่มใกล้เคียงกัน และระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีปริมาตรของทรงพุ่มน้อยที่สุด (ตารางที่ 4) ซึ่งความแตกต่างกันของปริมาตรหรือขนาดของทรงพุ่มนั้นก็เนื่องมาจากมีระบบรูปทรงต้นที่แตกต่างกัน (Fivaz and Stassen, 1996) โดยขนาดของทรงพุ่มนั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตที่ได้รับ คือ ถ้ามีทรงพุ่มขนาดใหญ่ก็จะส่งผลให้มีผลผลิตที่มากด้วยเช่นกัน (มนตรี, 2545; Medina-Urrutia and Nunez-Elisea, 1997) และจากการทดลองนี้ พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle เป็นรูปทรงต้นที่มีขนาดของทรงพุ่มเล็กที่สุด แต่กลับมีผลผลิตที่ใกล้เคียงกับระบบรูปทรงต้นแบบ open center ที่มีขนาดของทรงพุ่มใหญ่ที่สุด แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตสูง (ตารางที่ 18) ส่วนระบบรูปทรงต้นแบบ palmette และ Y-trellis มีขนาดของทรงพุ่มที่ใหญ่กว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle แต่กลับมีผลผลิตที่น้อยกว่า (ตารางที่ 12 13 และ 14) อาจเนื่องมาจากรูปทรงต้นทั้งสองแบบมีการตัดยอดและกิ่งข้างออกไปมาก แสงจึงส่องผ่านเข้าไปในทรงพุ่มมากขึ้นทำให้มีกิ่งกระโดงแตกออกมามาก ซึ่งในช่วงแรกมีการตัดแต่งออกไปบ้างและเหลือไว้บางส่วน เพื่อพรางแสงและลดความรุนแรงจากแสงแดดที่อาจทำให้กิ่งได้รับความเสียหาย แต่หลังจากที่ชมพู่เริ่มมีการออกดอก ตั้งแต่ช่วงปลายเดือนตุลาคม ไม่ได้ทำการควบคุมกิ่งกระโดงที่แตกออกมา จึงทำให้มีปริมาตรของทรงพุ่มมาก ส่งผลให้มีขนาดทรงพุ่มใหญ่ และยังส่งผลทำให้มีรูปทรงผิดไปจากที่วางแผนไว้บ้างจึงอาจจะส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของผลด้วย ซึ่ง

Brunner (1990) ได้กล่าวไว้ว่า รูปทรงต้นที่ดีที่สุดเท่านั้นจึงจะทำให้ให้มีผลผลิตมากและมีคุณภาพดีที่สุดด้วยเช่นกัน

การออกดอกของชมพู่ พบว่าทุกระบบรูปทรงต้นมีการออกดอกมากในกิ่งแก่ ที่มีสีน้ำตาล โดยระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีจำนวนดอกต่อช่อดอกที่ใกล้เคียงกัน เฉลี่ย 6.7-7.4 ดอกต่อช่อ (ตารางที่ 6) มีลักษณะการออกดอก คือ ทยอยออกมาเป็นชุด ๆ ซึ่งระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle มีจำนวนดอกมากที่สุดในดอกชุดที่ 2 และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette และ Y-trellis มีจำนวนดอกมากที่สุดในดอกชุดที่ 3 และทุกระบบรูปทรงต้นเริ่มมีการออกดอกน้อยลง และไม่พร้อมกันหลังจากที่ออกดอกชุดที่ 3 ไปแล้ว โดยระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีจำนวนช่อดอกต่อต้นและดอกต่อต้นแตกต่างกัน คือ ระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีจำนวนช่อดอกและดอกต่อต้นใกล้เคียงกับระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle และทั้งสองระบบรูปทรงต้นมีจำนวนช่อดอกและดอกต่อต้นสูงกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette (ตารางที่ 5 และ 7) ซึ่งสอดคล้องกับ Meland and Hovland (1997) พบว่าแอปเปิล พันธุ์ Summerred ที่จัดระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีจำนวนช่อดอกต่อต้นในปีแรกมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis ซึ่งการที่ระบบรูปทรงต้นแบบ palmette และ Y-trellis มีการออกดอกที่น้อยกว่าเป็นผลเนื่องมาจากมีการตัดแต่งกิ่งในช่วงแรกของการจัดทรงต้นที่มากกว่า จึงส่งผลต่อจำนวนดอกที่ออกด้วย โดยเฉพาะชมพู่เป็นไม้ผลประเภทที่มีการออกตามกิ่งและลำต้น (นิทยา, 2546ก) ดังนั้นการตัดแต่งกิ่งจึงไปลดพื้นที่การออกดอกติดผล ซึ่งจะส่งผลถึงปริมาณผลผลิตที่จะได้รับด้วย เช่นเดียวกับในไม้ผลเขตหนาว ได้แก่ ท้อ และแอปเปิลบางพันธุ์ เช่น Johnathan และ Golden Delicious ที่มีการออกดอกติดผลที่กิ่งข้างมากกว่าที่กิ่งสเปอร์ (spur) (Mika, 1986) นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากการที่ระบบรูปทรงต้นต้นแบบ Y-trellis และ palmette มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมน้อยกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle และ open center (ภาพที่ 16 และ17 ตารางผนวกที่ 2) จึงทำให้มีดอกน้อยกว่า ซึ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชมีความสัมพันธ์กับการออกดอกของไม้ผล โดยถ้าพืชสร้างสารประกอบคาร์โบไฮเดรตไว้มากจะส่งเสริมการออกดอก แต่ถ้าหากมีไนโตรเจนมากจะมีผลต่อการลดหรือยับยั้งการพัฒนาด้านเจริญพันธุ์ (reproductive) และส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ (vegetative) (สมบุญ, 2544; Childers, 1973)

ระบบรูปทรงต้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยตลอดฤดูกาลผลิตมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 8) เนื่องมาจากความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การติดผลในดอกชุดที่ 4 โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center slender spindle และ Y-trellis มีเปอร์เซ็นต์การติดผลใกล้เคียงกันในทุกชุดดอก และทั้ง 3 ระบบรูปทรงต้นมีเปอร์เซ็นต์การติดผลมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ palmette ซึ่งมี

มีเปอร์เซ็นต์การติดผลน้อยที่สุดในทุกชุดดอก ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับแอปเปิล พันธุ์ Cox's Orange Pippin ที่จัดระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ slender spindle ที่มีเปอร์เซ็นต์การติดผลไม่แตกต่างกัน (Barone *et al*., 1995) แต่แตกต่างกับท้อ พันธุ์ July Lady พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการออกดอกและติดผล แต่มีผลต่อความแข็งแรงของต้น ปริมาณผลผลิต ขนาดของผล น้ำหนักผล และระยะการสุกแก่ของผล (Mahhou and Elghazzali, 2004) และการที่ระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีเปอร์เซ็นต์การติดผลน้อยที่สุด ก็เนื่องมาจากมีจำนวนดอกที่น้อยกว่า (ตารางที่ 7) และมีการร่วงของดอกมากกว่า (ตารางที่ 9) ระบบรูปทรงต้นแบบอื่น ๆ สอดคล้องกับรวี (2547) ได้กล่าวว่าการออกดอกที่ดี รวมทั้งดอกเหล่านั้นต้องมีความอุดมสมบูรณ์จึงทำให้มีการติดผลที่ดีด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากการตัดแต่งกิ่งออกไปมากเพื่อจัดระบบรูปทรงต้น สอดคล้องกับท้อที่มีเปอร์เซ็นต์การติดผลลดลงสัมพันธ์กับระดับการตัดแต่งกิ่งที่มากขึ้น (Rathi *et al*., 2003)

ผลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อการร่วงของดอกและผล ในช่วงก่อนการห่อผลพบว่า ระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีการร่วงของดอกและผลมากที่สุด (70.38 %) รองลงมาได้แก่ ระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis (55.42 %) slender spindle (51.83 %) และระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีการร่วงของดอกและผลน้อยที่สุด (39.17 %) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีค่าความเข้มแสงที่ทรงพุ่มรับไว้น้อยกว่าระบบรูปทรงต้นอื่น ๆ (ตารางที่ 24) แสดงว่ามีแสงส่องผ่านเข้าไปในทรงพุ่มได้มาก (พัชรียา, 2541) จึงทำให้มีอุณหภูมิภายในทรงพุ่มสูงมากเกินไป และส่งผลให้มีการร่วงของดอกและผลมากขึ้นด้วย (สุพจน์, 2543) สอดคล้องกับ วัชรา (2541) ที่กล่าวว่า การร่วงของผลจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การเข้าทำลายของโรคและแมลง สภาพอากาศที่ร้อนมากขึ้นความเสียหายก็จะมากขึ้นตาม โดยช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ผลจะร่วงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เดือนมีนาคม-เมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ทำให้ผลร่วงสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหลังจากที่ทำการห่อผลแล้ว พบว่ายังมีการร่วงของผลชมพู่อยู่แต่ไม่มากนัก (ตารางที่ 11) โดยจากการทดลองในครั้งนี้ พบว่ามีการร่วงและสูญเสียผลผลิตไปในช่วงที่ทำการห่อผลแล้วโดยเฉลี่ยจากชุดดอกที่ทำการไว้ผลผลิตทั้งหมด 3 ชุด อยู่ในช่วง 16.62-21.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสาเหตุของการร่วงส่วนใหญ่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายในถุงห่อไม่เหมาะสม เช่น มีอุณหภูมิภายในถุงห่อที่สูงเกินไป และนอกจากนี้ยังมีการเข้าทำลายของโรคและแมลง ซึ่งก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการร่วงในช่วงที่ทำการห่อผลแล้วโดยเฉพาะโรคที่เกิดจากเชื้อรา โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีการร่วงและสูญเสียผลหลังห่อน้อยที่สุด และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีการร่วงและการสูญเสียผลหลังห่อมากที่สุด ซึ่งทุกระบบรูปทรงต้นมีเปอร์เซ็นต์การร่วงและสูญเสียผลไปในช่วงหลังจากห่อผลแล้วคล้ายกัน คือ ผลผลิตชุดที่ 1 มีการร่วงของผลน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากผลผลิตชุดนี้อยู่ในช่วงฤดูหนาวทำให้มีอุณหภูมิไม่สูงมาก โดยสาเหตุของการร่วง

ส่วนใหญ่เกิดจากการเข้าทำลายของโรค เนื่องมาจากผลชุดนี้ไม่ได้ทำการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคก่อนห่อผล และผลที่ร่วงและสูญเสียหลังห่อผลเริ่มมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในผลผลิตชุดที่ 2 แต่ไม่ต่างจากผลผลิตชุดที่ 1 มากนัก เนื่องจากได้ทำการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงก่อนทำการห่อผล จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ผลร่วงและผลเสียหายน้อยลง และในผลผลิตชุดที่ 3 พบว่ามีการร่วงและการสูญเสียของผลมากที่สุด ซึ่งคาดว่ามีสาเหตุมาจากสภาพอุณหภูมิที่สูงขึ้น เนื่องจากเป็นช่วงฤดูร้อน นอกจากนี้ยังมีการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้มากในช่วงนี้ โดยแมลงวันผลไม้ตัวเมีย ซึ่งมีอวัยวะวางไข่ที่แหลมและแข็งแรงจะเจาะที่บริเวณผิวของดอกและผลเพื่อวางไข่ ตั้งแต่ในระยะก่อนที่จะทำการห่อผล และเมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอนก็จะกัดกินผลอยู่ภายในผล ทำให้ผลเน่าและร่วงไปก่อนที่จะเก็บเกี่ยวผล (มนตรี, 2542; จารุวรรณ, 2543)

ระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีผลต่อการปลิดผล โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีการปลิดผลออกมากที่สุด รองลงมาได้แก่ slender spindle Y-trellis และ palmette ซึ่งมีการปลิดผลออกน้อยที่สุด (ตารางที่ 10) ซึ่งพบว่า จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อต้น และเปอร์เซ็นต์การติดผลนั้นส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การปลิดผล โดยระบบรูปทรงต้นที่มีจำนวนช่อดอก จำนวนดอกและเปอร์เซ็นต์การติดผลที่มากทำให้มีการปลิดผลออกมากขึ้นตามด้วย สอดคล้องกับ Wertheim (2000) ที่กล่าวว่าโดยปกติแล้วการปลิดผลมีความจำเป็น เมื่อมีจำนวนดอกและการติดผลมาก ซึ่งจะปลิดออกมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับการติดผล (Jones *et al*., 2000) โดยการปลิดผลจากการทดลองในครั้งนี้ได้พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของผลที่คงอยู่หลังจากมีการร่วงไปตามธรรมชาติ โดยคำนึงถึงความสามารถของต้นที่สามารถที่จะเลี้ยงผลได้ ซึ่งถ้าหากไว้ผลมากเกินไปจะส่งผลให้ผลมีขนาดเล็กมีคุณภาพผลไม่ดี ทำให้กิ่งฉีกหักได้ ทำให้มีอาหารสะสมภายในต้นน้อยลงหรือหมดไป (Dennis, 2000) และอาจทำให้เกิดการติดผลปีเว้นปีได้ (Tromp, 2000) และถ้าหากทำการปลิดผลโดยอาศัยเกณฑ์อื่นในการพิจารณา เช่น ทำการปลิดผลให้เหลือจำนวนเท่ากันหมดทุกระบบรูปทรงต้นผลที่ได้ก็อาจจะแตกต่างกันไป

ผลของระบบรูปทรงต้นมีผลทำให้จำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้นและน้ำหนักผลผลิตต่อต้นมีความแตกต่างกัน โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle มีจำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้นและน้ำหนักผลผลิตต่อต้นที่ใกล้เคียงกัน และมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette ซึ่งมีจำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้นและน้ำหนักผลผลิตต่อต้นน้อยที่สุด ซึ่งให้ผลคล้ายกับการทดลองในมะม่วง พันธุ์ Sensation ที่จัดทรงต้นแบบ open vase จะมีปริมาณผลผลิตในปีแรกและปีที่สองสูงกว่าทรงต้นแบบ palmette (Fivaz and Stassen, 1996) ในท้อ พันธุ์ Flodaprince ที่จัดทรงต้นแบบ open center มีจำนวนผลและปริมาณผลผลิตต่อต้นในปีแรกสูงกว่าทรงต้นแบบ

V-shape (คล้ายกับ Y-shape) (Fallahi, 1992) และท้อ พันธุ์ Maravilha ที่จัดทรงต้นแบบ open-little vase ให้ผลผลิตสูงกว่าทรงต้นแบบ transversal Y (Bellini *et al*., 2000) และในแอปริคอต พบว่าทรงต้นแบบ slender spindle มีผลผลิตในปีแรกมากกว่าทรงต้นแบบ Y-trellis (Monastra and De Salvador, 1999) ซึ่งการที่ระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette มีปริมาณผลผลิตต่ำกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle นั้นก็เนื่องมาจากมีปริมาณดอกและเปอร์เซ็นต์การติดผลที่ต่ำกว่า (ตารางที่ 5 6 7 และ 8) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mielke (1998) ที่ว่าความแตกต่างของปริมาณผลผลิตนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนดอกและเปอร์เซ็นต์การติดผลโดยตรง โดยเป็นผลต่อเนื่องมาจากที่ระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette มีการตัดแต่งกิ่งออกไปมาก เพื่อจัดกิ่งหลักให้ได้ตามรูปทรงที่ต้องการจึงส่งผลทำให้มีปริมาณผลผลิตในปีแรกต่ำกว่า เช่นเดียวกับในมังคุด ที่พบว่าการตัดแต่งกิ่งในปีแรกมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง (มนตรี, 2545) ซึ่งการตัดแต่งกิ่งไม้ผลขณะที่ยังมีอายุน้อยจะไปกระตุ้นให้มีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบยาวนานขึ้น อีกทั้งยังทำให้มีการออกดอกติดผลช้าและมีปริมาณผลผลิตลดลง (Mika, 1986) โดยการจัดทรงต้นในปีแรกนั้นปริมาณผลผลิตที่ได้จะมีความผกผันกับปริมาณการตัดแต่งกิ่ง (Campbell *et al*., 1996) และเมื่อเปรียบเทียบกับที่เกษตรกรผลิตตามปกติ พบว่าชมพู่เริ่มให้ผลผลิตในปีแรกเมื่อต้นมีอายุ 1 ปี 6 เดือน โดยให้ผลผลิต ประมาณ 25 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (จันทนา, 2547) ซึ่งมีอายุต้นที่เริ่มให้ผลเหมือนกัน แต่ให้ผลผลิตที่มากกว่าที่ผลิตได้จากการทดลองครั้งนี้ในทุกระบบรูปทรงต้น ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการปฏิบัติดูแลรักษาต้นที่แตกต่างกัน โดยเกษตรกรจะให้ปุ๋ยในปริมาณที่มากและบ่อยกว่า นอกจากนี้ยังมีการใช้ฮอร์โมนและอาหารเสริมต่าง ๆ จึงทำให้ต้นมีความสมบูรณ์มากกว่าต้นที่ทำการทดลอง รวมทั้งการตัดแต่งกิ่งและการปลูกด้วยระยะชิดอาจส่งผลให้ผลผลิตต่อต้นลดต่ำลงกว่าการใช้ทรงต้นแบบเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติอยู่

จากการคัดเกรดเพื่อจัดชั้นคุณภาพผล พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีเปอร์เซ็นต์ผลที่อยู่ในเกรดผลขนาดใหญ่มากที่สุด รองลงมาได้แก่ open center Y-trellis และ palmette ตามลำดับ (ภาพที่ 13) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นระบบรูปทรงต้นที่ให้ผลผลิตมาก จึงทำให้มีผลผลิตในเกรดผลขนาดใหญ่ที่มากตามขึ้นไปด้วย และเมื่อนำไปคำนวณหารายได้จากการขายผลผลิตในแต่ละเกรดของระบบรูปทรงต้นต่าง ๆ โดยคำนวณจากราคาเฉลี่ยในช่วงที่ตรงกับช่วงที่ทำการเก็บเกี่ยวผล พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle มีรายได้จากการขายผลผลิตมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette ซึ่งความแตกต่างของจำนวนเงินที่ขายผลผลิตได้นั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตแล้ว เกรดก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อรายได้ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยเป็นผลมาจากระบบรูปทรงต้น (Marini and Sowers, 2000) สอดคล้องกับสาลี่พันธุ์ d' Anjou และ Bartlett ที่ทำการจัดระบบรูปทรงต้นแบบ Tatura และ Lincoln canopy ทำให้มี

เปอร์เซ็นต์เกรดผลขนาดใหญ่มากขึ้น ส่งผลให้มีกำไรเพิ่มขึ้น 50 เหรียญสหรัฐต่อตัน (Mielke and Seavert, 1994) และถัดมาอีก 4 ปี Mielke and Seavert (1998) ได้รายงานว่า สาลี่ พันธุ์ d' Anjou มีกำไรเพิ่มขึ้นมากกว่า 40 เหรียญสหรัฐต่อตัน และ Bartlett มีกำไรเพิ่มขึ้น 80 เหรียญสหรัฐต่อตัน ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีจำนวนผลขนาดใหญ่และมีคุณภาพดีเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีผลตอบแทนมากขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับที่ Marini and Barden (2004) ได้กล่าวไว้ว่าผลกำไรที่ได้รับการทำสวนไม้ผลนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังเป็นผลมาจากขนาดของผล คุณภาพของผลผลิต และยังรวมไปถึงต้นทุนในการผลิตด้วย

ผลของระบบรูปทรงต้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพของผลผลิตและความหนาแน่นของผลผลิตมีความแตกต่างกัน โดยระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle มีประสิทธิภาพของผลผลิตและความหนาแน่นของผลผลิตใกล้เคียงกันและมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette สอดคล้องกับงานทดลองของ Monastra and De Salvador (1999) พบว่าแอปริคอตที่จัดระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีประสิทธิภาพของผลผลิตมากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis ซึ่งค่าประสิทธิภาพของผลผลิตเป็นอัตราส่วนแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับขนาดของต้นไม้ผล โดยค่าประสิทธิภาพของผลผลิตจะสูงเมื่อต้นไม้ผลที่มีต้นขนาดเล็กแต่สามารถให้ผลผลิตได้มาก และในทางกลับกันในต้นไม้ผลที่มีขนาดใหญ่แต่ให้ผลผลิตได้น้อยก็แสดงว่าต้นไม้ผลนั้นมีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตที่ต่ำ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากการการเคลื่อนย้ายอาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงไปเลี้ยงส่วนของโครงสร้างของต้นมากกว่าไปเลี้ยงส่วนของผล (Barritt *et al*., 1993)

ผลของระบบรูปทรงต้นไม่มีผลทำให้คุณภาพของผลในแต่ละรูปทรงต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งคุณภาพภายนอกและภายในผล ได้แก่ น้ำหนักผล ความกว้างและความยาวผล ความหนาแน่นของผล ความหนาแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์ส่วนของผลที่สามารถรับประทานได้ สีผิวผล TSS TA TSS/TA และ pH ในน้ำคั้น สอดคล้องกับมะเดื่อฝรั่งที่มีรูปทรงต้นแบบ Vase (open center) และ V-shape (คล้าย Y-shape) มีคุณภาพผลไม่แตกต่างกัน (Erez *et al*., 2003) นอกจากนี้การทดลองของ Nuzzo *et al.* (2002) พบว่าท้อที่จัดทรงต้นแบบ Y-trellis สามารถเพิ่มค่าดัชนีพื้นที่ใบได้อย่างรวดเร็วและรับแสงได้มากกว่าทรงต้นแบบ delayed vase แต่ก็ไม่มีผลทำให้ขนาดของผลและคุณภาพผลแตกต่างกัน ซึ่งการที่ทรงต้นแบบต่าง ๆ มีคุณภาพผลที่ไม่ต่างกัน อาจเนื่องมาจากระบบรูปทรงต้นแบบต่างๆ มีปริมาณอาหารสะสมที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยเฉพาะในช่วงที่ทำการเก็บเกี่ยวผล พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างที่ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 16 17 และ ตารางผนวกที่ 2) จึงทำให้ผลมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน แต่รูปทรง

ต้นแบบ slender spindle มีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีกว่าระบบรูปทรงต้นแบบอื่น เนื่องมาจากมีผลในเกรดผลขนาดใหญ่มากที่สุดและมีสีผิวผลเข้มกว่ารูปทรงต้นแบบอื่น ๆ TSS TSS/TA สูง และมี TA ต่ำ สอดคล้องกับงานทดลองในเชอรี่หวาน (sweet cherry) ของ Hrotkó *et al*. (1997) ที่จัดทรงต้นแบบ spindle ทำให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น สีผิวผล และรสชาติดี โดยเฉพาะในขณะที่ต้นยังมีอายุน้อย และในแอปเปิล พันธุ์ Gala พบว่าผลที่เก็บเกี่ยวในช่วงฤดูใบไม้ร่วง ระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis มีสีผลที่ด้อยกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle (Hampton *et al*., 2001) นอกจากผลจากระบบรูปทรงต้นแล้ว การตัดแต่งกิ่งก็มีผลต่อคุณภาพของผลเช่นกัน ซึ่งในการจัดทรงต้นนั้นต้องมีการตัดแต่งร่วมด้วยโดยเฉพาะระบบรูปทรงต้นแบบ palmette และ Y-trellis ที่มีการตัดแต่งกิ่งออกไปมากในการจัดทรงต้นครั้งแรก เพื่อให้ได้รูปทรงต้นตามที่ต้องการมีแนวโน้มให้ผลมีขนาดเล็กกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle (ตารางที่ 19) ซึ่งผลจากการตัดแต่งกิ่งนั้น Palmer *et al.* (1992) ได้สรุปผลจากการตัดแต่งกิ่งแอปเปิลไว้ว่า การตัดแต่งกิ่งนั้นจะทำให้มีการกระจายของแสงดีขึ้นแต่จะไปลดการรับแสงลง ซึ่งคาดว่าจะส่งผลต่อการลดการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทรงพุ่มเป็นผลทำให้ขนาดของผลเล็กลง อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วการตัดแต่งกิ่งนั้นจะทำให้คุณภาพของผลผลิตดีขึ้น (Ferree and Schupp, 2003) แต่ก็มีผลทำให้คุณภาพเลวลงได้เช่นกัน (Mika, 1986) ทั้งนี้เนื่องจากการตัดแต่งกิ่งอย่างเดียวนั้นไม่สามารถนำมาซึ่งคุณภาพผลที่ดีหรือปริมาณผลผลิตที่มากได้ทั้งหมด แต่ยังต้องขึ้นอยู่กับความสอดคล้องกันกับปัจจัยอื่น ๆ อีก ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ปริมาณอาหารสะสม พันธุ์ และความสมบูรณ์ของต้น (Brunner, 1990)

ผลของระบบรูปทรงต้นไม่มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TN ในกิ่งและใบในเดือนต่าง ๆ โดยทุกระบบรูปทรงต้นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันทั้งในกิ่งและใบ คือ ปริมาณ TN ในใบมีปริมาณสูงในช่วงเดือนพฤษภาคม เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนมาก (ภาพผนวกที่ 1) จากนั้นมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ โดยลดลงต่ำมากในช่วงที่มีการออกดอก ติดผลและการพัฒนาของผล ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-มีนาคม คล้ายกับในลิ้นจี่ ที่พบว่ามีปริมาณ TN ลดลงในช่วงที่ออกดอก (ธวัชชัย, 2524) ส่วนในกิ่งซึ่งมีปริมาณ TN น้อยกว่าในใบ พบว่ามีปริมาณ TN ค่อนข้างคงที่มากกว่าในใบ โดยมีปริมาณสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน

ผลของระบบรูปทรงต้นที่มีต่อปริมาณ TNC ในกิ่งและใบ พบว่า TNC ในกิ่งมีปริมาณน้อยกว่าในใบ โดยปริมาณ TNC ในกิ่งในแต่ละระบบรูปทรงต้นมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้าย ๆ กัน และมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละเดือนเพียงเล็กน้อยซึ่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่มากกว่าในใบ นอกจากนี้ยังพบว่าแต่ละระบบรูปทรงต้นมีปริมาณ TNC ในกิ่งแตกต่างกัน 3 ช่วง คือ

ในเดือนเมษายน กรกฎาคม และพฤศจิกายน ส่วนในใบพบว่าปริมาณ TNC มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดช่วงการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ และมีปริมาณสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงที่ชมพู่เริ่มมีการออกดอกติดผล และพบว่าแต่ละระบบรูปทรงต้นมีปริมาณ TNC ในใบที่ความแตกต่างกันเป็น 2 ช่วง คือ ในเดือนมิถุนายนและกันยายน (ภาพที่ 17 และตารางผนวกที่ 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบรูปทรงต้นมีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมของชมพู่ แม้ว่าจะไม่ชัดเจนนัก ซึ่งสอดคล้องกับในแอปเปิลที่พบว่า ระบบรูปทรงต้นมีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมภายในต้น (Stutte *et al*., 1994; Chen and Lenz, 1996) และพบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีปริมาณ TNC ในกิ่งและใบน้อยกว่าระบบรูปทรงต้นแบบอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะต้องนำอาหารส่วนหนึ่งไปใช้ในการสร้างกิ่งและใบทดแทนส่วนที่ถูกตัดออกไปในช่วงแรกของการจัดระบบรูปทรงต้น นอกจากนี้ระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีการบดบังแสงกันจากการซ้อนทับกันของกิ่งและใบในชั้นที่อยู่เหนือกว่าขึ้นไปในช่วงแรกของการจัดระบบรูปทรงต้น โดยพิจารณาได้จากค่าพื้นที่ใบจำเพาะที่มากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบอื่น ๆ (ตารางที่ 3) จึงมีผลทำให้ไปลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในต้น (Chen and Lenz, 1996) ซึ่งผลของสภาพร่มเงานั้นมีผลอย่างเด่นชัดต่อการลดปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างและปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) เช่น ในแอปเปิล (Polomski *et al*., 1988) และ พิแทชีโอ (pistachio) (Nzima *et al*., 1999) เป็นต้น

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าระบบรูปทรงต้นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TN และปริมาณ TNC ในกิ่งและใบเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ Moing *et al*. (1994) ที่ทำการจัดทรงต้นแบบจัดให้กิ่งตั้งตรงเปรียบเทียบกับการโน้มกิ่งกับต้นพลัมและสรุปไว้ว่า การจัดระบบรูปทรงต้นนั้นมีผลไม่มากนักต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง คือ เมื่อมีปริมาณไนโตรเจนสูง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างจะลดลง ในทางกลับกันเมื่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างสูงขึ้น ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดก็จะลดลง คล้ายกับการทดลองในลิ้นจี่ ที่พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน มีความสัมพันธ์กันในทางลบ (ธวัชชัย, 2524) ซึ่งในกรณีที่พืชมีไนโตรเจนน้อย จะส่งผลให้การสังเคราะห์โปรตีนลดลง ทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นและมีการสะสมในเนื้อเยื่อพืชมากขึ้น แต่ถ้าหากมีไนโตรเจนมาก การสังเคราะห์โปรตีนหรือสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบก็จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงนั้นถูกเปลี่ยนไปเป็นโปรตีนและสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนเกือบทั้งหมด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า TNC/TN ratio ของระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งค่า TNC/TN ratio เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง

ปริมาณของ TN และ TNC เช่นเดียวกับในมะม่วง (ศิริชัย, 2524) โดยค่า TNC/TN ratio มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง คือ มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทุกเดือนในช่วงการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ และมีค่ามากและคงที่ในช่วงที่มีการออกดอก ติดผลและการพัฒนาของผล คล้ายกับในมะม่วง ที่พบว่าในช่วงก่อนการออกดอก ค่า TNC/TN ratio ในยอดและใบจะเพิ่มสูงขึ้น และมีปริมาณสูงสุดในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวผล (ศิริชัย, 2524)

ผลของระบบรูปทรงต้นมีผลต่อการรับแสงในช่วงก่อนการให้ผลผลิต โดยพบว่าที่ระยะ 50 และ100 เซนติเมตรจากโคนต้น ระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle สามารถรับแสงได้มากที่สุดและใกล้เคียงกับระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ Y-trellis ส่วน palmette เป็นระบบรูปทรงต้นที่รับแสงได้น้อยที่สุด (ตารางที่ 24) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า รูปทรงต้นและการจัดระบบรูปทรงต้นที่ต่างกันมีผลต่อการรับแสงของทรงพุ่ม (Barritt *et al*., 1993; Loreti *et al*., 1996) โดยมีผลทำให้มีพื้นที่ในการรับแสงที่ต่างกัน (Flore and Layne, 1990) ดังนั้นระบบรูปทรงต้นจึงมีบทบาทสำคัญ ต่อการรับแสงและการกระจายแสงของต้นไม้ผล (Loreti *et al*., 1996; Iannini *et al*., 2002) ซึ่งมีผลต่อการออกดอก การติดผล และการให้ผลผลิต โดยจากการทดลองพบว่า ระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle มีปริมาณผลผลิตที่มากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette ทั้งนี้เนื่องมาจากระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle มีการรับแสงในช่วงก่อนการให้ผลผลิตได้ดีกว่า (ตารางที่ 12 และ 24) ซึ่งต่างกับแอปเปิล ที่จัดทรงพุ่มแบบ Y-trellis จะให้ผลผลิตมากกว่าการจัดรูปทรงต้นแบบพีระมิด ได้แก่ slender spindle และ central leader เนื่องมาจากทรงพุ่มสามารถรับแสงได้มากกว่า 20-30 เปอร์เซ็นต์ (Wünsche *et al.*, 1996) แต่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ระบบรูปทรงต้นที่มีการรับแสงมากก็จะส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตที่มากขึ้นด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับ Robinson *et al.* (1993) ที่พบว่าแอปเปิล ที่จัดระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis ทรงพุ่มจะรับแสงได้มากและสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นผลได้สูงที่สุด ในมะคาเดเมีย ที่พบว่ามีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อมีค่าการรับแสงประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ (Huett, 2004) และในแอปริคอตที่จัดระบบรูปทรงต้นแบบ Y มีการใช้แสงที่เป็นประโยชน์ได้ดีกว่าการจัดรูปทรงต้นแบบ vase จึงส่งผลทำให้มีปริมาณผลผลิตสะสมมากกว่า (Dichio *et al*., 1999) ดังนั้นความแตกต่างของปริมาณผลผลิตที่ได้รับนั้นจึงมีความสัมพันธ์กับการรับแสงของทรงพุ่ม (Wünsche *et al.*, 1996) และในช่วงหลังจากที่เก็บเกี่ยวผลผลิตหมดแล้วได้ทำการวัดแสงอีกครั้ง พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มแสงที่ทรงพุ่มรับไว้เพิ่มขึ้น โดยที่ทุกระบบรูปทรงต้นมีค่าความเข้มแสงที่ทรงพุ่มรับไว้ใกล้เคียงกันทั้งที่ระยะ 50 และ 100 เซนติเมตรจากโคนต้น แต่มีแนวโน้มว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis จะมีเปอร์เซ็นต์ความเข้มแสงที่ทรงพุ่มรับไว้สูงที่สุด (ตารางที่ 24) สอดคล้องกับ Sansavini and Musacchi (2002) ที่กล่าวว่ารูปทรงต้นแบบ V หรือ Y เป็นรูปทรงที่เพิ่มพื้นที่การรับ

แสงให้มากขึ้น ซึ่งการที่ระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ มีค่าการรับแสงเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากชมพู่มีการเจริญเติบโตทางกิ่งและใบเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีกิ่งและใบที่จะรับแสงเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงแรกของการจัดทรงต้นที่ต้องทำการตัดกิ่งและใบออกไป โดยพบว่าในช่วงก่อนการให้ผลผลิต มีค่าการรับแสงอยู่ในช่วง 62.05-97.45 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังเก็บผลผลิตมีค่าการรับแสง อยู่ในช่วง 89.70-97.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าฝรั่งพันธุ์เย็นสองที่ทำการจัดระบบรูปทรงต้นแบบเดียวกันที่มีค่าการรับแสงอยู่ในช่วง 61.07-69.20 เปอร์เซ็นต์ (ดวงใจ, 2544) และมีค่าการรับแสงมากกว่าไม้ผลเมืองหนาว เช่น เนคทารีน (Loreti *et al*., 1996) และแอปเปิล (Robinson, 1997; Robinson *et al*., 1993) ซึ่งการที่ชมพู่มีค่าการรับแสงที่มากกว่าอาจเป็นเพราะมีขนาดใบที่ใหญ่กว่า เพราะนอกจากลักษณะของรูปทรงต้นแล้ว การรับแสงยังขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดของใบ การจัดเรียงตัวของใบ การทำมุมหรือการเอนเอียงของใบ จำนวนใบ ความสูงของต้นและระยะห่างระหว่างต้นและแถวอีกด้วย (จักรี, 2539; Faust, 1989) และสาเหตุที่ทำให้ทุกระบบรูปทรงต้นมีค่าการรับแสงในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวผลที่ใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากในช่วงที่ชมพู่เริ่มมีการออกดอก ติดผล และให้ผลผลิตนั้น ไม่ได้ทำการตัดแต่งกิ่งเพื่อควบคุมรูปทรงต้นจึงทำให้มีกิ่งและใบที่แตกออกมาใหม่ช่วยในการรับแสงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette ที่สังเกตพบว่ามีกิ่งกระโดงแตกออกมาจากกิ่งหลักเป็นจำนวนมาก จนทำให้ทรงพุ่มแน่นทึบมากขึ้น

จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสามารถนำระบบรูปทรงต้นที่นิยมปฏิบัติและประสบความสำเร็จในไม้ผลเขตหนาวมาประยุกต์ใช้ได้กับชมพู่ พันธุ์ทับทิมจันท์ได้ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานโดยเฉพาะระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle เนื่องจากมีขนาดของทรงพุ่มที่เล็กมีปริมาณผลผลิตสูง ทรงพุ่มมีการรับแสงดี ส่วนระบบรูปทรงต้นแบบ open center เป็นทรงที่ให้ผลผลิตมากที่สุด และทรงพุ่มมีการรับแสงดี แต่มีข้อเสีย คือ ทรงพุ่มมีขนาดใหญ่ทำให้ทรงพุ่มเจริญชนกันได้เร็ว ระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis เป็นรูปทรงต้นที่มีการรับแสงดี และระบบรูปทรงต้นแบบ palmette เป็นระบบรูปทรงที่มีการกระจายของแสงภายในทรงพุ่มดี แต่ระบบรูปทรงต้นทั้ง 2 แบบยังให้ผลผลิตในปีแรกน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลของการจัดระบบรูปทรงต้นที่ต้องฝืนธรรมชาติของชมพู่มากกว่าทรงต้นแบบอื่น ๆ และทรงต้นยังเจริญเติบโตไม่เต็มโครงร่างตามที่วางแผนไว้ นอกจากนี้ทั้ง 2 ระบบทรงต้น มักมีกิ่งกระโดงแตกออกมามาก จึงทำให้รูปทรงผิดเพี้ยนไปซึ่งยังต้องหาวิธีการและเทคนิคในการควบคุมกิ่งกระโดงที่แตกออกมาต่อไป และเมื่อคำนวณรายได้ที่สามารถขายผลผลิตต่อต้นและต่อไร่แล้ว พบว่าระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle เป็นระบบรูปทรงต้นที่สามารถทำรายได้จากการขายผลผลิตได้มากกว่าระบบรูปทรงต้นแบบ Y-trellis และ palmette ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากการที่ระบบรูปทรงต้นแบบ open center และ slender spindle มีปริมาณผลผลิตสูง และให้ผลผลิตในเกรดผลขนาดใหญ่ซึ่งสามารถขายได้ในราคาที่สูงมากกว่า แต่

อย่างไรก็ตามในการทำสวนไม้ผลจะมีกำไรหรือผลตอบแทนมากหรือน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิต คุณภาพของผล ราคาของผลผลิต และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งก็คือ ต้นทุนในการผลิต (Seavert *et al*., 2002) ซึ่งการทดลองครั้งนี้ได้วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ที่สัมพันธ์กับการจัดระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ ในรูปของรายได้ที่ขายผลผลผลิตได้ต่อต้นและต่อไร่ โดยคำนวณจากปริมาณผลผลิต เกรดและราคาที่ขายได้เท่านั้น จึงเป็นมุมมองเพียงด้านเดียว ดังนั้นหากมีการทดลองในคราวต่อไปควรมีการคำนวณเปรียบเทียบเรื่องของต้นทุนและแรงงานที่ใช้ในการผลิต ซึ่งจะทำให้ทราบว่าการจัดระบบรูปทรงต้นแบบต่าง ๆ นั้นมีผลต่อกำไรหรือประสิทธิภาพการให้ผลผลิตอย่างไร

สรุป

จากการทดลองสามารถสรุปผลได้ว่า ระบบรูปทรงต้นทั้ง 4 แบบ มีผลต่อลักษณะการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ และการให้ดอก ผล ในการปลูกระยะชิดของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในปีแรกของการให้ผลผลิต บางประการคือ พื้นที่หน้าตัดของลำต้นที่เพิ่มขึ้น ปริมาตรของทรงพุ่ม จำนวนช่อดอกต่อต้น ดอกต่อต้น เปอร์เซ็นต์การติดผล เปอร์เซ็นต์การปลิดผล เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผล น้ำหนักผลผลิตต่อต้น จำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้น ปริมาณผลผลิตต่อไร่ ประสิทธิภาพของผลผลิต ความหนาแน่นของผลผลิต และการรับแสงของทรงพุ่มในช่วงก่อนการให้ผลผลิต และมีผลเล็กน้อยต่ออัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของกิ่งยอด การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC และพบว่าระบบรูปทรงต้นไม่มีผลต่อค่าของพื้นที่ใบจำเพาะ จำนวนดอกต่อช่อ คุณภาพภายในและภายนอกของผล การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TN และการรับแสงของทรงพุ่มในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle มีพื้นที่หน้าตัดลำต้นที่เพิ่มขึ้น จำนวนดอกต่อต้น การรับแสงของทรงพุ่มในช่วงก่อนการให้ผลผลิต และให้ผลในเกรดผลขนาดใหญ่มากที่สุด ในขณะที่มีปริมาตรทรงพุ่มน้อยที่สุด ระบบรูปทรงต้นแบบ open center มีจำนวนช่อดอกต่อต้น เปอร์เซ็นต์การติดผล เปอร์เซ็นต์การปลิดผล น้ำหนักผลผลิตต่อต้น จำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ต่อต้น ปริมาณผลผลิตต่อไร่ ประสิทธิภาพและความหนาแน่นของผลผลิตมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle ระบบรูปทรงต้นแบบ palmette มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและผลมากที่สุด จึงสรุปได้ว่าระบบรูปทรงต้นแบบ slender spindle เป็นระบบรูปทรงต้นที่ดีที่สุด เนื่องจากมีขนาดของทรงพุ่มที่เล็ก แต่มีปริมาณผลผลิตสูง ทรงพุ่มมีการรับแสงดี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กาญจนา สุทธิกุล. 2547. ชมพู่หนึ่งในความภูมิใจของคนไต้หวัน. **เคหการเกษตร** 28(5): 61-68.

เกษม พริกคง. 2545. **ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตในยอด อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การออกดอกและการติดผล ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2546ก. การปลูกชมพู่. **ห้องสมุดความรู้การเกษตร**. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/library/html/detail/chompu1.htm, 11 พฤศจิกายน 2546.

_____ 2546ข. ชมพู่. **พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ**. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/plant/chompu.htm, 11 พฤศจิกายน 2546.

_____ 2548. ชมพู่. **สถิติการเกษตร**. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/data/kasetF.htm, 26 สิงหาคม 2548.

กลุ่มเกษตรสัญจร. 2541. **ชมพู่**. พิมพ์ครั้งที่ 4. เทพพิทักษ์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

กวิศร์ วานิชกุล. 2546. **การจัดทรงต้นและการตัดแต่งไม้ผล**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จักรี เส้นทอง. 2539. **พลวัตผลผลิตพืช**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

จันทนา ปานตั้น. 2547. **การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนทำสวนชมพู่พันธุ์ทองสามสี ในอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุวรรณ คงครอง. 2543. **แมลงวันผลไม้ ศัตรูสำคัญของชาวพืชสวน**. เอกสารวิชาการที่ 23. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์. 2546. การผลิตไม้ผลของประเทศไต้หวัน. **เคหการเกษตร** 27(6): 127-132.

ดวงใจ นิสัยมั่น. 2544. **ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิด ที่มีต่อลักษณะทางกิ่งใบและการให้ดอกผลของฝรั่งพันธุ์เย็นสองในปีแรกหลังการปลูก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธวัชชัย ไชยตระกูลทรัพย์. 2524. **การเปลี่ยนแปลงปริมาณของไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรตในใบและยอดของลิ้นจี่ พันธุ์ "ฮงฮวย" ในรอบปี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทองดี บ้านดอน (นามแฝง). 2541. ชมพู่พันธุ์ใหม่สด ๆ ร้อน ๆ ....ทับทิมจันท์. **เคหการเกษตร** 22(4): 68-72.

ทีมงานเฉพาะกิจ. 2546. **ชมพู่**. นาคา อินเตอร์มีเดีย, กรุงเทพฯ.

นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2537. **ไม้ผลเขตหนาว**. สหมิตรออฟเซท, กรุงเทพฯ.

นิด ชากังราว (นามแฝง). 2545. **ทองสามสี ชมพู่ยักษ์นอกฤดูเงินล้าน**. มติชน, กรุงเทพฯ.

นิทยา อักษรเนียม. 2546ก. หลากวิธีการตัดแต่งกิ่งชมพู่. **เคหการเกษตร** 27(10): 113-118.

_____ 2546ข. หลากหลายวิธีตัดแต่งกิ่งชมพู่. **เคหการเกษตร** 27(11): 84-95.

_____ 2547. กลยุทธ์การตัดแต่งกิ่งชมพู่สวนคุณไต๋. **เคหการเกษตร** 28(6): 120-124.

_____ และ วรรณภา เสนาดี. 2547. ความคืบหน้า...การจัดทรงพุ่มและการตัดแต่งกิ่งไม้ผลของสวนเจริญพืระวัฒน์. **เคหการเกษตร** 28(9): 129-135.

นิรนาม. 2534. **ศิลปะการตัดแต่งกิ่งไม้ผล**. พิมพ์ครั้งที่ 5. ฐานเกษตรกรรม, กรุงเทพฯ.

_____ 2548. ราคากลางสินค้าเกษตร จากตลาดกลางค้าส่งสี่มุมเมือง. **Thai Fruit News**. แหล่งที่มา: http://www.thaifruitnews.com/vpire.php, 2 พฤษภาคม 2548.

บุญแสง จินดามณีโรจน์ และ นิทยา อักษรเนียม. 2545. โอภาส เกษตรสวนเพชร ครูชมพู่แห่งดำเนินสะดวก. **เคหการเกษตร** 26(12): 69-76.

ประทีป กุณาศล. 2540. การตัดแต่งกิ่ง. **เคหการเกษตร** 21(11): 53-59.

เปรมปรี ณ สงขลา. 2538. **รวมกลยุทธ์ชมพู่**. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____ 2545. ทับทิมจันท์....สุดยอดชมพู่แห่งปี. **เคหการเกษตร** 26(2): 65-75.

_____ ม.ป.ป. **การลงทุนทำสวนชมพู่อย่างมืออาชีพ**. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

พัชรียา บุญกอแก้ว. 2541. **ผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการกระจายของแสงและการคาดคะเนค่าการสังเคราะห์แสงของทรงพุ่มมะม่วง 2 พันธุ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2545. **ผลไม้ไทยๆ**. คณะกรรมการเอกลักษณ์ของชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี, กรุงเทพฯ.

มนตรี จิรสุรัตน์. 2542. แมลงศัตรูชมพู่, น. 104-116. ใน กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูไม้ผล สมุนไพรและเครื่องเทศ. **แมลงศัตรูไม้ผล**. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

มนตรี อิสรไกรศีล. 2545. ผลของการตัดแต่งที่มีต่อขนาดทรงพุ่มและผลผลิตของต้นมังคุด. **ว. วิทย. กษ.** 33(1-3): 71-84.

รวี เสรฐภักดี. 2540. การจัดทรงพุ่มไม้ผล. **เคหการเกษตร** 21(11): 42-52.

รวี เสรฐภักดี. 2547. เทคนิคการทำให้องุ่นออกดอกและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง, น. 88-96. ใน กิตติพงศ์ ตรีตรุยานนท์ นิพนธ์ วิสารทานนท์ รวี เสรฐภักดี และ สมชาย ธนสินชยกุล. **เทคโนโลยีการผลิตองุ่น**. ศูนย์วิจัยระบบนิเวศเกษตร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัชรา ปาละ. 2541. ล้ง ทองสามสี เกจิไม้ผลเมืองโอ่ง เร่งปลูกชมพู่พันธุ์ใหม่ "ทองสามสี" ส่งตีตลาดนอก. **เมืองเกษตร** 10(108): 38–42.

ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2524. **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในใบและกิ่งยอด ที่มีอิทธิพลต่อการออกดอกของมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2537. **พฤกษศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

_____ 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุพจน์ ตั้งจตุพร. 2543. **เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง ชมพู่.** วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีชลบุรี กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, ชลบุรี.

อัญชลี แซ่เก้า. 2546. เปิดเทคนิคผลิตทับทิมจันท์คุณภาพส่งออก. **เมืองไม้ผล** 3(31): 23-34.

เอื้องฟ้า (นามแฝง). 2543. ชมพู่นอกฤดูตลาดยังไม่ตาย. **เคหการเกษตร** 24(12): 106-112.

Anonymous. 2003. *Syzygium samarangense*-wax apple. **Tropical Fruit**. Available Source: http://www.tropilab.com/syzygium-samaran.html, November 18, 2003.

Barone, E., T. Caruso and L.D. Macro. 1995. Effect of orchard system on fruit quality of four early ripening peachs cultivars: preliminary results. **Acta Hort.** 379: 49-57.

Barritt, B.H. 1990. HYTEC-The hybrid tree cone orchard system, pp. 64-79. *In* **Proceedings Washington State Horticultural Association 86th Annual Meeting**. Yakima, Washington.

_____ 1991. The HYTEC orchard system for apples. **Compact Fruit Tree** 16: 42-43.

_____ 1992. Hybrid tree cone orchard system for apple. **Acta Hort.** 322: 87-92.

_____ , M.A. Dilley and B.S. Konishi. 1993. Apple orchard system performance in Washington. **Good Fruit Grower** 44(4): 29-36.

Bellini, E., D. Falqui and O. Musso. 2000. Comparison between two training systems in peach protected culture in Sicily. **Acta Hort**. 513: 427-433.

Brickell, C. 1979. **The Royal Horticultural Society Encycopledia of Practical Gardening: Pruning**. Mitchell Bealey Publisher Ltd., London.

Brunner, T. 1990. **Physiological Fruit Tree Training for Intensive Growing**. Akadémiai Kiadé, Budapest.

Butler, L.M., G.E. Fernandez, and F. J. Lauws. 2002. Strawberry plant growth parameters and yield among transplants of different types and from different geographic sources, grown in plastic culture system. **HortTechnology** 12(1): 100-103.

Campbell, J.E., H. I. Nicol and B.R. Cullis. 1996. Effect of four different canopy shapes on apple yields. **Aust. J. of Exp. Agri.** 36: 489-499.

Campbell, R.J. and J. Wasielewski. 2000. Mango tree training techniques for the hot tropics. **Acta Hort.** 509: 641-651.

Caruso, T., P. Inglese, F. Sottile and F.P. Marra. 1999. Effect of planting system on productivity, dry-matter partitioning and carbohydrate content in above-ground components of 'Flordaprince' peach trees. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 124(1): 39-45.

Chen, K. and F. Lenz. 1996. Carbohydrate concentration of apple leaves as affected by training methods and shading. **Gartenbauwissenschaft** 61(5): 238-242. **CABI Database.** Accession no. 970300343.

Cheng, L.L. and L.H. Fuchigami. 2002. Growth of young apple trees in relation to reserve nitrogen and carbohydrates. **Tree Physio**. 22(18). **CABI Database**. Accession no. 20033006607

Chiariello, N.R., H.A. Mooney and K. Williams. 1989. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues, pp.327-365. *In* R.W. Pearcy, J. Ehleringer, H.A. Mooney and P.W. Rundel, eds. **Plant Physiological Ecology: Field Method and Instrumentation**. Chapman and Hall, London.

Childers, N.F. 1973. **Modern Fruit Science: Orchard and Small Fruit Culture**. Horticultural Pub., New Jersey.

Chundawat, B.S., L.R. Verma, K.P. Kikani and R.G. Jadav. 1992. Studies on hedgerow plantation in guava cv. Allahabad Safeda**. Indian J. Hort.** 49(2): 134-137.

Corelli-Grappadelli, L. 2000. The palmette training system. **Acta Hort.** 513: 329-336.

Crassweller, R.M. and D.E. Smith. 2004. Will high density work for processing apple?. **Acta Hort.** 636: 661-665.

Crocker, T.E. and J.G. Williamson. 2003. **Deciduous Fruit for North Florida**. Available Source: http://edis.ifas.ufl.edu/MG221, December 19, 2003.

Dennis, F.G., Jr. 2000. The history of fruit thinning. **Plant Growth Regulation** 31: 1-16.

De Salvador, F.R. 1993. Peach training systems to improve management efficiency and to reduce costs. **Acta Hort.** 349: 33-37.

Dichio, B., G. Celano, G. Montanaro, V. Nuzzo, C. Xiloyannis and I. Giandomenico. 1999. Leaf area evaluation, light interception, yield and quality of fruit in apricot trees (cultivar Tirynthos) trained to transverse Y and vase. **Acta Hort.** 488: 527-532.

Dunn, J.S. and M. Stolp. 1987. Apple on the Lincoln canopy mechanized management. **HortScience** 22(4): 568-572.

Elkins, R.B. and T.M. DeJong. 2002. Effect of training system and rootstock on growth and productivity of 'Golden Russet® Bosc' pear trees. **Acta Hort.** 596: 603-607.

Erez, A., M. Flaishman and S. Yablowitz. 2003. Breba production under net; Effect of training system. **Acta Hort.** 605: 119-123.

Fallahi, E. 1992. Influence of various training systems on yield and fruit quality of low-chill peaches. **Acta Hort.** 322: 283-290.

Farina V., R.L. Bianco and P. Inglese. 2005. Vertical distribution of crop load and fruit quality within vase and Y-shaped canopies of 'Elegant Lady' peach. **HortScience** 40(3): 587-591.

Faust, M. 1989. **Physiology of Temperate Zone Fruit Tree**. John Wiley & Sons Inc., New York.

Fernandez, G.E., L.M. Butler and F.J. Louws. 2001. Strawberry growth and development in an annual plasticulture system. **HortScience** 36(7): 1219-1223.

Ferree, D.C. 1994. Early performance of two apple cultivars in tree training systems. **HortScience** 29(9): 1004-1007.

_____ and J.R. Schupp. 2003. Pruning and training physiology. pp. 319-344. *In* D.C. Ferree and I.J. Warrington, eds. **Apple: Botany, Production and Uses**. CABI Publishing, Oxon.

Fivaz, J. and P.J.C. Stassen. 1996. The role of training systems in maintaining higher density mango orchards. **Acta Hort.** 455: 407-412.

Flore, J.A. and D.R. Layne. 1990. The influence of tree shape and spacing on light interception and yield in sour cherry (*Prunus cerasus* cv. Montmorency). **Acta Hort.** 285: 91-96.

Forshey, C.G., D.C. Elfving and R.L. Stebbins. 1992. **Training and Pruning Apple and Pear Trees**. IPC, St. Joseph, Michigan.

Gardner, J. 2004. Choosing a tree training system. **Establishing the High Density Supported Apple Orchard**. Available Source: http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/hdappch3.htm, April 9, 2004.

George, A. 2002. **Horticulture Principles and Practices**. 2nd ed. Upper Saddle River, New Jersey.

Giulivo C., A. Ramina and G. Costa. 1984. Effects of planting density on peach and nectarine productivity**. J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 109(3): 287-290.

Gregory, A.L. 2003. High density orchards and intensive crop regulation. **Balanced Cropping Recent Publications**. Available Source: http://www.fruit.prosser.wsu.edu/CropReg.htm, November 18, 2003.

Hampton, C.R., H. Quamme and R. Brownlee. 2001. Comparative performance of 'Royal Gala' apple in five tree training systems after eight years. **HortScience** 36(3): 461.

Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrate, pp. 388-394. *In* R.L. Whistler and M.L. Wolform, eds. **Methods in Carbohydrates Chemistry**. Vol.2. Academic Press, New York.

Honjo, H., T. Asakura, F. Kamota and Y. Nakagawa. 1983. Response in growth and development of fruit trees to controlled environment. I. Measurement of the physical properties of the phytotron and analysis of the influence of light intensity on the growth of young Japanese pear trees. **Bull. Fruit Tree Res. Sta. Japan, A (Yatabe)** No.10: 91-113. **CABI Database**. Accession no. 840321980.

Hrotkó, K., G. Simon, L. Magyar and B. Hanusz. 1997. Experiences with sweet cherry spindle trees. **Acta Hort.** 451: 637-642.

Huett, D.O. 2004. Macadamia physiology review: A canopy light response study and literature review. **Aust. J. of Agric. Res.** 55(6): 609-624.

Hudson, J.P. 1971. Meadow orchard. **Agriculture** 78: 157-160.

Hunt, R. 1978. **Plant Growth Analysis**. Edward Arnold, London.

_____ 1990. **Basic Growth Analysis: Plant Growth Analysis for Beginners**. Unwin Hyman, Ltd., London.

_____ and J.H.C. Cornelissen. 1997. Component of relative growth rate and their interrelations in 59 temperate plant species. **New Phytol.** 135: 395-417.

Iannini, C., C. Cirillo, B. Basile and M. Forlani. 2002. Estimation of nectarine yield efficiency and light interception by the canopy in different training systems. **Acta Hort.** 592: 357-365.

Jones, K.M., S.A. Bound, M.J. Oakford and P. Gillard. 2000. Modelling thinning of pome fruits. **Plant Growth Regulation** 31: 75-84.

Joyce, D. 1994. **Pruning and Training Plants**. Mitchell Bealey, London.

Joyner, G. 2003. The wax jambu. **IFAS Palm Beach Country Cooperative Extension Service**. Available Source: http://www.gate.net/~tfnews/34waxjamjoy.htm, November 18, 2003.

Kader, A.A. 1985. Postharvest biology and technology: an overview, pp. 3 – 7. *In* A.A. Kader, R.F. Kasmire, F.G. Mitchell, M.S. Reid, N.F. Sommer and J.E. Thomson, eds. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. University of California, Berkeley.

Lakso, A.L., T.L. Robinson and S.G. Carpenter. 1989. The palmette leader: A tree design for improved light distribution. **HortScience** 24(2): 271-275.

Lee, J.Y., J.H. Jung, Y.K. Kim, H.H. Han and C.H. Lee. 2004. Growth and cropping evaluation of some popular training system for Asian pear cv. 'Niitaka' (*Pyrus pyrifolia*). **Acta Hort**. 636: 681-687.

Li, K.T., A.N. Lakso, R. Piccioni and T. Robinson. 2003. Summer pruning reduces whole-canopy carbon fixation and transpiration in apple tree. **J. Hort. Sci. & Biotech**. 78(6): 749-754.

Loreti, F., A. Tellini, R. Muleo, S. Morini and C. Masetti. 1996. Light environment at harvest time in two different nectarine-training systems. **Acta Hort.** 374: 103-112.

Luckwill, L.C. 1978. Meadow orchard and fruit walls. **Acta Hort.** 65: 237-243.

Mahhou, A. and M. Elghazzali. 2004. Training systems for peach trees [*Prunus persica*(L.) Batsch] in Morocco. **Fruits (Paris)** 55: 153-161. **CABI Database**. Accession no. 20000312132.

Marini, R. P.and J.A. Barden. 2004. Yield, fruit size, red color, and a partial economic analysis for 'Delicious' and 'Empire' in the NC-140 1994 systems trail in Verginia. **J. Amer. Pomol. Soc.** 58(1): 4-11.

_____ and D.S. Sowers. 2000. Peach tree growth, yield, and profitability as influence by tree form and tree density. **HortScience** 35(5): 837-842.

Masri, M. 1996. Multiple-T system-A potential plant form for closer planting of mangosteen, pp. 305–309. *In* S. Vijaysegaran, M. Pauziah, M.H. Mohamed, and S. Ahmed Tarmizi, eds. **Proceedings of the International Conference on Tropical Fruits**. Volume I. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) Ministry of Agriculture, Kuala Lumper, Malaysia.

Medina-Urrutia, V.M. and R. Nunez-Elisea. 1997. Mechanical pruning to control tree size, flowering and yield of mature "Tommy Atkins" mango trees. **Acta Hort.** 455: 305-309.

Meland, M. and O. Hovland. 1997. Hight density planting system in ' Summerred' apple in a Northern climate. **Acta Hort.** 451: 467-472.

Metzner, R. 1979. **Das Schneiden der Obstbäume und Beerensträucher**. 14. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 175 S.

Mielke, E.A. and C. Seavert. 1994. Pear training to maximize profitability. **Acta Hort.** 367: 177-184.

Mielke, E.A. and C. Seavert. 1998. A ten year horticultural and economic comparison of tree training systems in the Hood River Valley: Horticulture. **Acta Hort.** 475: 205-207.

Mika, A. 1986. Physiological responses of fruit trees to pruning. **Hort. Rev.** 8: 337-367

_____ 1992. Trends in fruit tree training and pruning systems in Europe. **Acta Hort.** 322: 29-35.

_____ , A. Krawiec, Z. Buler, S. Kolodziejek and C. Sopyla. 2000. The influence of planting systems training and pruning of 'Gloster' apple trees grafted on semidwarf rootstocks on light interception and distribution. **Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwe w Skierniewicach** vol. 8: 99-116. **CABI Database**. Accession no. 20023028808.

Miller, S. and R. Scorza. 2002. Training and performance of pillar, upright, and standard form peach trees-early results. **Acta Hort.** 592: 391-399.

Mohammed, S. and L.A. Wilson. 1984. Modern systems of fruit growing and their application for the improvement of tropical fruit production. **Trop. Agric. (Trinidad)** 61(2): 137-142

Moing, A., B. Lafargue, J.M. Lespinasse and J.P. Gaudillère. 1994. Carbon and nitrogen reserves in prun tree shoots: Effect of training system. **Scientia Hort**. 57(1-2): 99-110.

Monastra F. and F.R. de Salvador. 1999. Comparison between vertical axis and Y-shaped apricot training systems. **Acta Hort**. 488: 469-472.

Moreno, J., F. Toribio and M.A. Manzano. 1998. Evaluation of palmette marchand and vase training systems in cherry varieties. **Acta Hort**. 468: 458-489.

Morgas, H. and A. Mika. 2001. Result of diverse planting and training system of Harnes peach (*Prunus persica* L. Batsch) in climatic conditions of Poland. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research (Poland)** 9(1-4): 63-70. **AGRIS Database**. Accession no. 2003-004438.

Morton, J.F. 1987. **Fruit of Warm Climates**. Creative Resource Systems, Inc., Winterville, N.C.

Nakasone, H.Y. and R.E. Paull. 1998. **Tropical Fruits**. CAB International, Wallingford.

Nuzzo, V., B. Dichio, .M. Palese and C. Xiloyannis. 2002. Productivity and fruit quality in peach tree [*Prunus persica*(L.) Batsch] the effect of the training system and light availability. **Atti VI Giornate Scientifiche SOI** (Italy) v. 1: 215-216. **Database FAO**. Accession no. 2003-018918.

Nzima, M. D. S., G. C. Martin and C. Nishijima. 1999. Effect of fall defoliation and spring shading on shoot carbohydrate and growth parameters among individual branches of alternate bearing 'Kerman' pistachio trees. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 124(1): 52-60.

Panggabean, G. 1992. *Syzygium aqueum* (Burm.f.) Alston, *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry, *Syzygium samarangense* (Blume) Merr. & Perry, pp. 292-294. *In* E.M.W. Verheij, and R.E. Coronel, eds. **Plant Resources of South East Asia No. 2: Edible Fruits and Nuts**. PUDOC- DLO, Wageningen.

Palmer, J.E., D.J. Every and S.J. Wertheim. 1992. Effect of apple tree spacing and summer pruning on leaf area distribution and light interception. **Scientia Hort.** 52(4): 303-312.

Phillips, J.H. and G.M. Weaver. 1975. A high density peach orchard. **HortScience** 10(6): 580-582.

Polomski, R.F., J.A. Barden, R.E. Byers and D.D. Wolf. 1988. Apple fruit nonstructural carbohydrates and abscission as influenced by shade and terbacil. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 113: 506-511.

Rathi, D.S., D.C. Dimri, M.C. Nautiyal and A. Kumar. 2003. Pruning response to shoot growth, fruit set and yield in peach. **Indian J. Hort.** 60(2): 151-153.

Rathor, C.S., R.L. Lal and K.K. Mishra. 2003. Effect of planting systems on the performance of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Progressive Horticulture** 35(2): 146-151. **CABI Database**. Accession no. 20043117859.

Richard, C.F., D.C. Ferree and R.G. Hill, Jr. 2003. **Training and Pruning Fruit Trees**. Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette. Available Source: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/ho/HO-49.html, December 15, 2003.

Robinson, T.L. 1997. Interaction of tree form and rootstock on light interception, yield and efficiency of 'Empire', 'Delicious' and 'Jonagold' apple trees trained to different systems. **Acta Hort.** 451: 427-436.

Robinson, T.L. 2000a. Pruning, training and planting density to make money. **New England Fruit Meetings** 106: 73-79. **CABI Database**. Accession no. 20013077593.

_____ 2000b. V-shaped apple planting systems. **Acta Hort.** 513: 337-347.

_____ 2003. Apple orchard planting system. pp. 345-407. *In* D.C. Ferree and I.J. Warrington, eds. **Apple: Botany, Production and Uses**. CABI Publishing, Oxon.

_____ , A.N. Lakso and S.G. Carpenter. 1991. Canopy development, yield and fruit quality of 'Empire' and 'Delicious' apple trees grown in four orchard production systems for ten years. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 116(2): 179-187.

Robinson, T.L. , J. Wünsche and A.N. Lakso. 1993. The influence of orchard system and pruning severity on yield, light interception, conversion efficiency, partitioning index and leaf area index. **Acta Hort.** 349: 123-127.

Sansavini, S. and S. Musacchi. 2002. European pear orchard design and HDP management: A review. **Acta Hort.** 596: 589-601.

Seavert, C.F., M.K. White and L.E. Long. 2002. Orchard economics: establishing and producting standard–and high density sweet cherries in Wasco country. **Clark F. Seavert**. Available Source: http://www.oregonstate.edu/dept/mcarec/staff/seavert.php, October 30, 2005.

Shü, Z.H. 2002. Fruit position on the tree affects development of anthocyanin and fruit quality in wax apple. **Acta Hort.** 575: 765-769.

_____., D.N. Wang and T.F. Sheen. 1996. Wax apple as a potential economic fruit crop for the world, pp. 69-73. *In* S. Vijaysegaran, M. Pauziah, M.H. Mohamed, and S. Ahmed Tarmizi, eds. **Proceedings of the International Conference on Tropical Fruits**. Volume I. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) Ministry of Agriculture, Kuala Lumper Malaysia.

Singh, S., J. Singh, G.S. Yadav and M.N. Hoda. 2001. High density planting system in 'Amrapali' mango (*Mangifera indica*). **Indian J. Agric. Sci.** 71(6): 381-383.

Smith, D., G.M. Paulson and C.A. Ranguse. 1964. Extraction of total available carbohydrates from a grass and legume tissue. **Plant Physiol.** 39(6): 960-962.

Somerville, W. 1996. **Pruning and Training Fruit Trees**. Inkata Press, New South Wales, Australia.

Stutte, G.W., T.A. Baugher, S.P. Walter, D.W. Leach, D.M. Glenn and T.J. Tworkoski. 1994. Rootstock and training system affect dry-matter and carbohydrate distribution in 'Golden Delicious' apple trees. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 119(3): 492-497.

Syed Mohd, S.I. and K.C. Wong. 1996. Growing and development of carambola (*Averrhoe carambola* L.) under high-density planting. pp. 221–226. *In* S. Vijaysegaran, M. Pauziah, M.H. Mohamed, and S. Ahmed Tarmizi, eds. **Proceedings of the International Conference on Tropical Fruits**. Volume I. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) Ministry of Agriculture, Kuala Lumpur Malaysia.

Tous, J., A. Romero, M. Rovira and J. Clave. 1994. Comparison of different training systems on hazelnut. **Acta Hort.** 351: 455-461.

Tromp, J. 2000. Flower-bud formation in pome fruits as affected by fruit thinning. **Plant Growth Regulation** 31: 27-34.

Tustin, S. 1991. Basic physiology of tree training and pruning, pp. 50-63. *In* **Washington State Horticultural Association Proceedings 87th Annual Meeting**, Wenatchee, Washington.

Van den Ende, B., D.J. Chalmers and P.H. Jerie. 1987. Latest developments in training and management of fruit crops on Tatura trellis. **HortScience** 22(4): 561-568.

Wertheim, S.J. 2000. Developments in the chemical thinning of apple and pear. **Plant Growth Regulation** 31: 85-100.

Whiting, M.D., G. Lang and D. Ophardt. 2005. Rootstock and training system affect sweet cherry growth, yield and fruit quality. **HortScience** 40(3): 582-586.

Wilson, B.F. 1990. The development of tree form. **HortScience** 25(1): 52-54.

Wünsche, J.N., A.N. Lakso, T.L. Robinson, F. Lenz and S.S. Denning. 1996. The bases of productivity in apple production systems: the role of light interception by different shoot types. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 121(5): 886-893.

ภาคผนวก