



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

สัญญาเลขที่ RDG5220073

เรื่อง

โครงการ “การชักนำการออกดอกของส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้ง
ด้วยสารพาโคลบิวทราโซล”

โดย

รศ.ดร.กฤษณา กฤษณพุกต์ และคณะ

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

16 สิงหาคม 2554

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การชักนำการออกดอกของส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้งด้วย
สารพาโคลบิวทราโซล

คณะผู้วิจัย สังกัด

1.รศ.ดร.กฤษณา กฤษณพุกด์

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.ผศ.ดร.ลพ ภาณุตานนท์

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุดโครงการ การพัฒนางานวิจัยส้มโอเพื่อการส่งออก

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

Executive Summary.....	1
บทคัดย่อ.....	2
Abstract.....	3
ที่มาของการวิจัย.....	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
การตรวจเอกสาร.....	4
อุปกรณ์และวิธีการ.....	12
ผลการทดลอง.....	20
วิจารณ์.....	36
สรุปผลการศึกษา.....	38
เอกสารอ้างอิง.....	38

Executive Summary

โดยปกติเกษตรกรชาวสวนส้มโอในอำเภอนครชัยศรีและสามพราน จังหวัดนครปฐม จะทำการรดให้น้ำหรือกักน้ำในช่วงปลายปีเพื่อให้ส้มโอออกดอก แม้การรดให้น้ำจะชักนำให้ส้มโอมีการออกดอกได้ แต่การรดน้ำจะทำให้พืชเกิดสภาพเครียดและอาจมีผลเสียต่อพืช โดยเฉพาะหากทำการกักน้ำนานเกินไป อีกทั้งยังทำได้ในช่วงเวลาที่จำกัด ทำให้ไม่สามารถผลิตส้มโอเพื่อส่งออกในช่วงเวลาอื่นนอกจากที่ทำในปัจจุบันได้ จึงน่าจะมีวิธีอื่นช่วยให้ส้มโอออกดอกได้ในเวลาที่ต้องการ ซึ่งการใช้สารชะลอการเจริญเติบโตเพื่อควบคุมการออกดอกอาจเป็นอีกวิธีหนึ่ง เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำมาใช้เป็นการค้าในการผลิตไม้ผลนอกฤดูบางชนิด เช่น มะม่วง ชมพู่มะนาวได้ผลดี หากมีการนำมาปรับใช้กับส้มโอเพื่อชักนำให้ออกดอกในเวลาที่ต้องการได้ ก็น่าจะเป็นผลดีต่อการส่งออกส้มโอเนื่องจากทำให้มีช่วงจำหน่ายที่กว้างขึ้น นอกจากนี้ยังอาจช่วยให้ต้นส้มโอเกิดสภาพเครียดน้อยกว่าการรดให้น้ำ การใช้สารชะลอการเจริญเติบโตจึงน่าจะเป็นทางเลือกในการบังคับการออกดอกในส้มโอได้ ในครั้งนี้จึงทำการศึกษาผลของสารชะลอการเจริญเติบโตคือพาโคลบิวทราโซล ต่อการออกดอกของส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้ง พบว่าการให้สารสามารถชักนำให้ส้มโอทั้งสองพันธุ์ออกดอกได้เช่นเดียวกับการรดน้ำ โดยในพันธุ์ชาวน้ำผึ้งจะได้ผลดีกว่า

บทคัดย่อ

เกษตรกรชาวสวนส้มโอในอำเภอนครชัยศรีและสามพราน จังหวัดนครปฐม จะทำการรดน้ำในช่วงปลายปีเพื่อให้ส้มโอออกดอก แม้การรดน้ำจะชักนำให้ส้มโอมีการออกดอกได้ แต่ก็ทำให้ต้นส้มโอเกิดสภาพเครียด อีกทั้งยังทำได้ในช่วงเวลาที่จำกัด ทำให้ไม่สามารถผลิตส้มโอเพื่อส่งออกในช่วงเวลาอื่นนอกจากที่ทำในปัจจุบันได้ ซึ่งการใช้สารชะลอการเจริญเติบโตเพื่อควบคุมการออกดอกอาจเป็นอีกวิธีหนึ่งในการบังคับการออกดอกของส้มโอโดยมีผลกระทบน้อยกว่าการรดน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้จึงทดลองให้สารพาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol: PBZ) ซึ่งเป็นสารชะลอการเจริญเติบโต (plant growth retardants) ชนิดหนึ่ง เปรียบเทียบและร่วมกันกับวิธีรดน้ำ เพื่อศึกษาผลของสารนี้ต่อการออกดอก การเปลี่ยนแปลงระดับคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนภายในต้นส้มโอ โดยมี 4 การทดลอง การทดลองที่ 1 ทำการทดลองกับต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้งอายุ 2 ปีปลูกในห้วงซีเมนต์ มีทริทเมนต์ดังนี้ ทริทเมนต์ที่ 1 ชุดควบคุม มีการให้น้ำทุกวัน ทริทเมนต์ที่ 2 งดน้ำติดต่อกัน 12 วัน ทริทเมนต์ที่ 3 พ่นด้วยสาร PBZ 750 มก/ล 2 ครั้งแต่ละครั้งห่างกัน 15 วัน ทริทเมนต์ที่ 4 งดน้ำ 12 วันร่วมกับให้สาร PBZ อัตราเดียวกับทริทเมนต์ที่ 3 ทริทเมนต์ที่ 5 งดน้ำร่วมกับให้น้ำยูเรีย 100 กรัม/ต้น โดยแบ่งให้ครั้งละ 20 กรัมรวม 5 ครั้ง การทดลองที่ 2 ทดลองในต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้งอายุ 4 ปี ปลูกในห้วงซีเมนต์มีทริทเมนต์ดังนี้ ทริทเมนต์ที่ 1 ต้นควบคุมไม่มีการให้สาร ทริทเมนต์ที่ 2 ราดสาร PBZ 1 กรัม ทริทเมนต์ที่ 3 ราดสาร PBZ 2 กรัม ทริทเมนต์ที่ 4 ราดสาร PBZ 5 กรัม การทดลองที่ 3 ทดลองในต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้งอายุ 3 ปีปลูกในแปลงยกทรงมีทริทเมนต์คือ ทริทเมนต์ที่ 1 ต้นควบคุมไม่มีการรดน้ำและให้สาร ทริทเมนต์ที่ 2 ทำการรดน้ำ 20 วัน ทริทเมนต์ที่ 3 ราดสาร PBZ 10 กรัม ทริทเมนต์ที่ 4 ราดสาร 10 กรัมร่วมกับรดน้ำ ทริทเมนต์ที่ 5 พ่นสาร PBZ 10 กรัม ทริทเมนต์ที่ 6 พ่นสาร PBZ 10 กรัม ร่วมกับรดน้ำ ส่วนการทดลองที่ 4 ทำในส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้งในอายุ 3 ปีในแปลงที่ไม่ยกทรง มีทริทเมนต์ดังนี้ ทริทเมนต์ที่ 1 ต้นควบคุมไม่มีการรดน้ำและให้สาร ทริทเมนต์ที่ 2 ทำการรดน้ำ 20 วัน ทริทเมนต์ที่ 3 ราดสาร PBZ 10 กรัม ทริทเมนต์ที่ 4 ราดสาร PBZ 10 กรัมร่วมกับการรดน้ำ ผลการทดลองทุกการทดลองพบว่า การให้สาร PBZ สามารถทำให้ส้มโอออกดอกได้เช่นเดียวกับการรดน้ำ โดยส้มโอพันธุ์ชาวน้ำผึ้งมีการออกดอกได้ง่ายกว่าพันธุ์ทองดีอย่างเห็นได้ชัด โดยมีการออกดอกแม้ในต้นควบคุม ส่วนพันธุ์ทองดีจะออกดอกเฉพาะที่มีการให้สารแต่ก็พบน้อยมาก ส่วนค่าคาร์โบไฮเดรต ไนโตรเจน และ CN ratio ในแต่ละทริทเมนต์และแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน ตลอดช่วงที่ทำการทดลอง ดังนั้นคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักในการชักนำการออกดอกในส้มโอ

Abstract

Pummelo growers in Nakhon Chaisri and Sampran districts, Nakhon Pathom province, usually do withholding water at the end of the year to induce flowering in pummelo trees. Even withholding water can force pummelo tree to flower but withholding water stress may cause water stress in tree. Besides, withholding water can do only in dry season results to short period to produce pummelo for export. Using plant growth retardant may be another mean to control flowering with less stress. In this experiment, paclobutrazol (PBZ), a kind of growth retardant was used to see its effect on flower inducing in pummelo compared to withholding water. Some physiological changes namely, total nonstructural carbohydrate (TNC) and nitrogen in pummelo leaf during treated were also monitored. The study was conducted in 4 experiments. In experiment 1, 2 years old potted pummelo trees cvs 'Thong Dee' and 'Khao Namphueng' were treated as these following treatments 1) control 2) withholding water for 12 days, then rewatering 3) sprayed with 750 mg/l PBZ 2 times at 15 days interval. 4) withholding water and sprayed with 750 mg/l PBZ 5) withholding water and applied 4 g urea fertilizer 5 times. Experiment 2; 4 years old potted pummelo trees cvs 'Thong Dee' and 'Khao Namphueng' were treated as these following treatments 1) control 2) 1 g PBZ by soil drench 3) 2 g PBZ by soil drench. 4) 5 g PBZ by soil drench. Experiment 3 ; 3 years old pummelo trees cvs 'Thong Dee' and 'Khao Namphueng' grown in the bedding orchard were treated as 1) control 2) withholding water 20 days 3) 10 g PBZ by soil drench 4) 10 g PBZ by soil drench and withholding water 5) 10 g PBZ by foliar spray and 6) 10 g PBZ by foliar spray and withholding water. Experiment 4; 3 years old pummelo trees cvs 'Thong Dee' and 'Khao Namphueng' grown in the orchard were treated as follows 1) control 2) withholding water 20 days 3) 10 g PBZ by soil drench 4) 10 g PBZ by soil drench and withholding water. The results in all experiments showed that PBZ could induce flowering in pummelo as well as withholding water. Besides, better result was achieved in 'Khao Namphueng'. Carbohydrate and nitrogen in all treatments and between two cultivars were not different during the experiment period, suggesting that they may not be the main factors to trigger pummelo tree to flower.

ที่มาของการวิจัย

จากผลการศึกษาใน โครงการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตและการออกดอกของส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้ง ที่สิ้นสุดไปในปี 2551 พบว่าเกษตรกรชาวสวนส้มโอในอำเภอนครชัยศรีและสามพราน จังหวัดนครปฐม จะทำการกักน้ำในช่วงปลายปีเพื่อให้ส้มโอออกดอก และพบว่าพันธุ์ชาวน้ำผึ้งมีแนวโน้มที่จะเกิดดอกได้ดีและเร็วกว่าพันธุ์ทองดีเล็กน้อย ลักษณะช่อดอกของส้มโอที่พบมี 5 แบบ และแม้การกักน้ำจะชักนำให้ส้มโอมีการออกดอกได้ แต่ก็ทำให้พืชเกิดสภาพเครียดและอาจมีผลเสีย โดยเฉพาะหากทำการกักน้ำนานเกินไป อีกทั้งยังทำได้ในช่วงเวลาที่จำกัด ทำให้ไม่สามารถผลิตส้มโอเพื่อส่งออกในช่วงเวลาอื่นนอกจากที่ทำในปัจจุบันได้ จึงน่าจะมีวิธีอื่นช่วยให้ส้มโอออกดอกได้ในเวลาที่ต้องการ ซึ่งการใช้สารชะลอการเจริญเติบโตเพื่อควบคุมการออกดอกอาจเป็นอีกวิธีหนึ่ง เนื่องจากในปัจจุบันนำมาใช้เป็นการค้าในการผลิตไม้ผลบางชนิดได้ผลดี เช่น มะม่วง ส้ม มะนาว (เกษม, 2548; ณัฐทิศา, 2550; สัจจา, 2533) หากมีการนำมาปรับใช้กับส้มโอเพื่อชักนำให้ออกดอกในเวลาที่ต้องการได้ ก็น่าจะเป็นผลดีต่อการวางแผนการผลิตส้มโอในด้านการส่งออก ให้เป็นไปในเวลาที่ต้องการ การใช้สารชะลอการเจริญเติบโตจึงน่าจะเป็นทางเลือกที่จะทำให้ส้มโอทั้งสองพันธุ์สามารถออกดอกในเวลาที่เหมาะสมได้ โดยไม่ทำให้ต้นส้มโอเกิดความเครียดมาก เช่นการงดน้ำ แต่ข้อมูลการใช้สารนี้ในส้มโอยังไม่เพียงพอ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้สารนี้เพื่อชักนำการออกดอกในส้มโอได้หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษามลของการให้สารพาโคลบิวทราโซลในการชักนำการออกดอกของส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้งเปรียบเทียบและร่วมกันกับวิธีงดน้ำ
2. เพื่อศึกษามลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนภายในต้นส้มโอ

การตรวจเอกสาร

1.การออกดอกของส้ม

การออกดอกของพืชในกลุ่ม *Citrus* โดยเฉพาะมะนาว สามารถเกิดได้ 3 ลักษณะด้วยกัน (รวี , 2545) ซึ่งแต่ละลักษณะจะมีผลต่อการติดผลดังนี้

1. ดอกที่เกิดจากยอดอ่อนที่ผลิขึ้นมาใหม่ ซึ่งปกติต้นส้มจะมีการออกดอกในลักษณะนี้ และดอกที่เกิดจากยอดอ่อนถือว่าเป็นดอกที่มีคุณภาพสูงสุด เนื่องจากมีใบที่เกิดขึ้นมาช่วยเลี้ยงดอกและผล

2. ดอกที่เกิดจากตาข้างของใบแก่ การออกดอกแบบนี้ส่วนใหญ่สืบเนื่องมาจากแบบแรกนั้นมีการติดผลที่ล้มเหลวไม่ว่าด้วยสาเหตุใดก็ตาม เมื่อเป็นดังนี้ตาข้างสำรองก็สามารถผลิตเป็นดอกใหม่ขึ้นมาแทนได้ คุณภาพของดอกแบบนี้จัดเป็นระดับรองจากแบบแรก ทั้งนี้เพราะใบที่เกิดมาก่อนหน้านี้พร้อมกับดอกที่หลุดร่วงไปนั้นยังมีความสามารถในการที่จะให้ดอกและเลี้ยงผลได้
3. ดอกที่เกิดจากกิ่งที่ไม่มีใบ การลดการเจริญทางด้านกิ่งใบ(vegetative growth) ด้วยการปลิดใบออก ทำให้เกิดการออกดอก อย่างไรก็ตามดอกเหล่านี้มีคุณภาพไม่ดีนัก มักพบเป็นดอกเพศผู้เนื่องจากมีอาหารไม่เพียงพอสำหรับการสร้างเกสรตัวเมีย โอกาสที่จะติดผลจึงมีต่ำมาก

นอกจากนี้ Moss (1969) ได้จัดลักษณะช่อดอกส้มเป็น 5 แบบดังภาพที่ 1-5



ภาพที่ 1 มีดอกหนึ่งถึงสองดอกและมีใบเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 2 ช่อดอกมีใบน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของดอก



ภาพที่ 3 ช่อดอกที่มีดอกจำนวนมากและไม่มีใบ



ภาพที่ 4 ดอกจำนวนมากและมีหลายใบ คือมีใบมากกว่าครึ่งหนึ่งของดอก



ภาพที่ 5 ช่อดอกแบบมีหนึ่งถึงสองดอกไม่มีใบส่วนใหญ่ก้านมีลักษณะสั้น

2. ปัจจัยควบคุมการออกดอกของส้ม

การออกดอกของส้มเช่นเดียวกับการออกดอกของไม้ผลหลายชนิด ซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ทั้งปัจจัยภายใน เช่น เรื่องของพันธุ์ อายุ ความสมบูรณ์ของต้น (อาหารสะสมซึ่งได้แก่คาร์โบไฮเดรต

และปริมาณฮอร์โมนชนิดต่างๆ ภายในต้น) และปัจจัยภายนอกได้แก่สภาพแวดล้อม (Davenport, 1990) โดยสิ่งแวดล้อมที่น่าจะมีผลต่อการออกดอกของส้มได้แก่ แสง อุณหภูมิ และความเครียดจากการขาดน้ำเป็นต้น

การออกดอกมีความสำคัญโดยตรงกับผลผลิตของพืชนั้นๆ ดังนั้นการเข้าใจกลไกในการออกดอกของแต่ละพืช จะช่วยให้การควบคุมเรื่องผลผลิตทำได้ดีขึ้น สำหรับการบังคับการออกดอกของส้มในประเทศไทยมีการทำมานานจนถึงปัจจุบัน เช่น การตัดแต่งแล้วใส่ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติบโต การทำให้ใบแก่ร่วงในฤดูฝน การควั่นกิ่ง การใช้สารเคมี และการงดการให้น้ำ (สัจจา, 2533) ซึ่งพบว่าวิธีที่นิยมที่สุดคือการงดน้ำ ซึ่งในทางปฏิบัติก็เป็นวิธีที่ชาวสวนส้มอินิยมทำอยู่แล้ว เพียงแต่ไม่ได้มีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน ดังนั้นหากมีข้อมูลเหล่านี้ น่าจะยิ่งช่วยให้ส้มมีการออกดอกได้ดีตามที่ต้องการ โดยลดความเสี่ยงเรื่องการขาดน้ำที่นานเกินจำเป็น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของต้นส้มในระยะยาว อีกทั้งยังอาจนำไปสู่การบังคับให้ต้นส้มออกดอกภายในเวลาที่ต้องการได้

พืชตระกูลส้มสามารถออกดอกได้ทุกฤดูกาลหากมีปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสม ทั้งปัจจัยภายใน ได้แก่ พันธุ์ อายุ ปริมาณอาหารสะสมและระดับฮอร์โมนภายในต้น และปัจจัยภายนอก ได้แก่ การเขตกรรมต่างๆ และสภาพแวดล้อม (Davenport, 1990) โดยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการออกดอกของส้มอย่างเด่นชัดน่าจะเป็นเรื่องของอุณหภูมิต่ำในช่วงชักนำการสร้างตาดอก และความเครียดน้ำ

1. ปัจจัยภายใน

1.1 สัดส่วนระหว่างคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะในรูปของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง (nonstructural carbohydrate: TNC) และไนโตรเจนภายในต้นพืชเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการออกดอกติดผล รวมทั้งการเจริญเติบโตของผลในไม้ผลหลายชนิด (สมพร, 2524; Ryugo, 1988; Gibson, 2005) รวมทั้งในพืชตระกูลส้มเนื่องจากมีผลต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาในส่วนต่างๆ ของพืช รวมทั้งกระบวนการในการออกดอก และเมแทบอลิซึมต่างๆ (Flore and Layne, 1999; Goldschmidt, 1999) Ito *et al.* (2004) รายงานว่าในระยะชักนำการเกิดดอกจะมีการใช้คาร์โบไฮเดรต ดังนั้นต้นส้มจะออกดอกได้ต้องมีคาร์โบไฮเดรตสะสมในต้นในปริมาณที่เพียงพอ

สำหรับไนโตรเจนก็มีรายงานว่าเกี่ยวข้องกับการออกดอกและติดผลในส้ม โดยต้นส้มต้องมีปริมาณไนโตรเจนในระดับที่เพียงพอเช่นกัน (Davies and Albrigo, 1994; Menino *et al.*, 2003) โดย Davies and Albrigo (1994) รายงานว่าเมื่อระดับปริมาณไนโตรเจนในใบอยู่ในช่วง 2.5-2.7% จะทำให้ส้มมีการออกดอกได้ดีพอควร แต่มีการติดผลและให้ผลผลิตดีมาก สาเหตุหนึ่งอาจมาจาก ไนโตรเจน โดยเฉพาะในรูปของแอมโมเนียจะมีผลต่อการออกดอกโดยการกระตุ้นปริมาณแอมโมเนียและโพลีเอมีน (polyamines) ในตา ซึ่งสารนี้จำเป็นต่อการเปลี่ยนแปลงของ meristematic tissue ที่จะเปลี่ยนเป็นตาดอก (Lovatt *et al.*, 1988)

นอกจากคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนจะมีบทบาทต่อการเกิดดอกในไม้ผลหลายชนิด รวมทั้งส้มดั่งที่กล่าวมาแล้ว สัดส่วนระหว่างคาร์โบไฮเดรตกับไนโตรเจน (C/N ratio) ก็อาจเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการออกดอกได้ และการเขตกรรมบางอย่างเพื่อกระตุ้นการออกดอกเช่นการรดน้ำรวมทั้งปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิด สภาพแวดล้อม การเจริญเติบโตของพืช ก็พบว่ามีส่วนต่อสัดส่วนของ C และ N โดยมีรายงานในต่างประเทศ (Goldschmidt and Golomb, 1982; Goldschmidt *et al.* 1985; Garcia-Luis *et al.*, 1995; LeaCox and Syvertsen, 1995) และในประเทศ ที่สนับสนุนสมมติฐานนี้ เช่นพรพันธุ์ (2530) รายงานว่าการรดน้ำและการให้สาร daminozide ทำให้ ปริมาณ TNC และสัดส่วน TNC/TN ในใบและกิ่งยอดส้มเขียวหวานสูงกว่าต้นปกติ และต้นที่รดน้ำและได้รับสารก็มีการออกดอกมากกว่าต้นปกติด้วย

1.2 ฮอโมนภายในต้นพืช (endogenous plant hormones) สารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดอาจมีผลต่อการสร้างตาดอกของส้ม เช่น จิบเบอเรลลินสามารถยับยั้งการออกดอกได้ แต่ต้องให้แก่ต้นส้มก่อนมีจุดเจริญของกลีบเลี้ยง (sepal primordia) เกิดขึ้น ในขณะที่เดียวกันกลับพบว่าการให้สารชะลอการเจริญเติบโตซึ่งเป็นสารยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน สามารถชะลอการเจริญเติบโตทางกิ่งก้าน แต่ไม่สามารถชักนำให้ส้มออกดอกได้โดยปราศจากอุณหภูมิต่ำหรือความเครียดจากการขาดน้ำ (Davenport, 1990)

ส่วนฮอโมนชนิดอื่น เช่น ออกซิน และ ไทโตโคนินก็อาจมีผลต่อการออกดอกของส้ม แต่อาจเป็นทางอ้อม เช่น กรณีของออกซิน ซึ่งมีผลควบคุมการแตกตาโดยเฉพาะตาข้าง ซึ่งการรดน้ำจะลดการเคลื่อนย้ายของออกซินมายังตาข้างทำให้ตาข้างซึ่งเป็นตาดอกแตกได้ ขณะเดียวกันไทโตโคนินจะมีผลช่วยกระตุ้นให้แตกตา (Davenport and Nunez-Elisea, 1997)

2. ปัจจัยภายนอก

2.1 ช่วงแสง (photoperiod) จากการศึกษาในสภาพแปลงและโรงเรือนแสดงให้เห็นว่า การออกดอกของส้มไม่น่าจะขึ้นกับแสง แต่อาจขึ้นกับอุณหภูมิต่ำในช่วงฤดูหนาวมากกว่า (Moss, 1976; Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996)

2.2 อุณหภูมิ (temperature) ในต่างประเทศมีรายงานว่าอุณหภูมิต่ำในฤดูหนาวมีผลต่อการออกดอกของส้ม (Moss, 1976) โดยมีผลในเชิงปริมาณและลักษณะของช่อดอกว่าจะเป็นแบบใด โดยอุณหภูมิต่ำน่าจะมีผลทำให้ตาส้มมีการพักตัว และเปลี่ยนไปเป็นตาดอก (Garcia-Luis *et al.*, 1992) อุณหภูมิต่ำมีบทบาทในการชักนำให้เกิดการออกดอกในส้ม เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์และสมบัติทางกายภาพของสารต่างๆ ภายในต้นพืช (Janick, 1986) อุณหภูมิต่ำยังอาจเกี่ยวข้องกับ

การพักตัวและการเปลี่ยนเป็นตาดอก (Garcia-Luis *et al.*, 1992) จากผลการศึกษาภายในเรือนทดลองที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม พบว่าอุณหภูมิที่ต่ำ (15 ถึง 18 °C ในเวลากลางวัน/ 8-13 °C ในเวลากลางคืน) จะชักนำให้ส้มและมะนาวออกดอกได้ (Moss, 1969; Lovatt *et al.*, 1988)

2.3 ความเครียดจากการขาดน้ำ (water stress) เนื่องจากส้มที่ปลูกในเขตร้อนเช่นประเทศไทยจะมีการเจริญเติบโตตลอดทั้งปี การออกดอกจึงขึ้นกับการผ่านช่วงแล้งมาแล้วระยะหนึ่ง และเมื่อดินได้รับความชื้นที่เพียงพอในภายหลังก็จะทำให้ออกดอก ดังนั้นสภาพเครียดจากการขาดน้ำจึงเป็นเหมือนสัญญาณหลักในการชักนำการออกดอกของส้ม (Davenport, 1990; Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996) โดยการชักนำให้เกิดตาดอกจะเกิดภายในสองสัปดาห์หลังการงดน้ำ และมีการสร้างจุดเจริญกลีบเลี้ยงของตาดอกก่อนที่ความแห้งแล้งจะสิ้นสุดลง และเมื่อมีการให้น้ำ ตาดอกจะมีการเจริญและพัฒนาอย่างรวดเร็ว (Nir *et al.*, 1972) การงดน้ำเพื่อบังคับให้พืชตระกูลส้มออกดอกมีการทำในต่างประเทศเช่นกัน เช่นในอิสราเอล และ อิตาลี เพื่อทำมะนาวนอกฤดู (Davenport, 1990)

จากการทดลองในมะนาวพันธุ์ Tahiti พบว่ามีการชักนำให้เกิดดอกเมื่อความเครียดจากการขาดน้ำเป็น -3.0 MPa นาน 2-5 สัปดาห์ (Southwick and Davenport, 1986) สำหรับส้มที่ปลูกในเขตร้อน แต่มีความแตกต่างของฤดูฝนและฤดูแล้งชัดเจน พบว่าหลังขาดน้ำระยะหนึ่งแล้วมีการให้น้ำหรือฝนตก 100-150 มิลลิเมตร/เดือน ก็ถือว่าเพียงพอสำหรับการชักนำให้ออกดอก โดยมีการออกดอกและการเจริญเติบโตทางกิ่งใบเกิดขึ้นประมาณ 20-28 วันหลังฝนตกหรือให้น้ำชลประทาน ส่วนส้มที่ปลูกในเขตที่ร้อนหากทำให้เกิดความเครียดโดยการขาดน้ำก็สามารถชักนำให้มีการออกดอกได้ (Davenport, 1990; Davis and Albrigo, 1994)

สำหรับประเทศไทยการออกดอกของส้มยังขึ้นอยู่กับการผ่านความแห้งแล้งมาระยะหนึ่งเพื่อการพักตัวและสะสมอาหาร และเมื่อดินได้รับน้ำอีกครั้งจึงมีการออกดอก (รวี, 2523) ชาวสวนส้มไอบในประเทศไทยจึงนิยมทำการกักน้ำเพื่อชักนำให้ส้มออออกดอกในช่วงแล้ง ดังนั้นในสภาพเขตร้อน (tropical zone) ซึ่งอาจไม่มีอุณหภูมิที่ต่ำเพียงพอที่จะชักนำการออกดอก ความเครียดจากการขาดน้ำจึงเป็นเสมือนสัญญาณหลักในการชักนำการออกดอกของส้ม ซึ่งโดยปกติในช่วงฤดูหนาวจะมีความชื้นและอุณหภูมิต่ำกว่าฤดูฝน ส่งผลให้น้ำในดินแห้งเร็วกว่าเวลาอื่น ทำให้เกิดลักษณะคล้ายเกิดการขาดน้ำเล็กน้อย จึงทำให้ส้มออกดอกได้บ้างแม้ไม่ได้งดน้ำ (พรพันธุ์, 2530) แต่หากมีการรดให้น้ำจะยิ่งทำให้ต้นส้มไอบมีการออกดอกได้มากขึ้นในเวลาเดียวกัน ทศนุพันธุ์ (2545) ตรวจพบตาดอกของส้มเขียวหวานพันธุ์โชกุนขณะที่ต้นส้มอยู่ในช่วงงดน้ำ โดยเริ่มตรวจพบในสัปดาห์ที่ 2 หลังการงดน้ำสอดคล้องกับ Southwick and Davenport (1986) ที่ทำการทดลองใน 'Tahiti' lime (*Citrus latifolia* Tan.) พบว่าการชักนำให้มีการออกดอกเกิดขึ้นเมื่อพืชได้รับสภาพความเครียดน้ำ -2.0 ถึง -3.0 MPa เป็นเวลา 2-5 สัปดาห์ จากนั้นจะเกิดจุดเจริญของกลีบเลี้ยง (sepal) ในตาดอกที่อยู่ตำแหน่งปลายยอดก่อนที่ความแห้งแล้งจะสิ้นสุดลง และเมื่อมีการให้น้ำอีกครั้ง ตาดอกที่อยู่ด้านข้างจะมีการเจริญและ

พัฒนาอย่างรวดเร็ว Nir *et al.* (1972) ได้รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงของตาดอกเกิดขึ้นในช่วงหลังของการกักน้ำก่อนที่จะให้น้ำใหม่ และจากการทดลองดน้ำในต้นส้มโอ โดยศึกษาค่าศักย์น้ำในใบ (water potential) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งถึงระดับความชื้นในพืช พบว่าเมื่อต้นส้มโอขาดน้ำจนมีค่าศักย์น้ำในใบ -1.0 ถึง -1.3 MPa หรือทำให้ต้นส้มโอขาดน้ำนานประมาณ 1.8-2 เดือน จะให้ปริมาณดอกและติดผลอ่อนได้สูงสุด แต่หากเพิ่มความเครียดน้ำมากกว่านี้จะทำให้ต้นส้มโอขาดน้ำมากเกินไปส่งผลให้การเจริญเติบโตมีการชะงัก ทำให้ออกดอกติดผลน้อยลง (สุมาลี และคณะ, 2541)

2.4 การปฏิบัติบางอย่าง เช่น การควั่นกิ่งเพื่อให้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นในกิ่ง หรือแม้แต่การใช้สารเคมีบางชนิด ก็พบว่าช่วยกระตุ้นการออกดอกในไม้ผลหลายชนิด โดยเฉพาะปัจจุบันนิยมใช้สารในกลุ่มชะลอการเจริญเติบโต (plant growth retardants) ซึ่งสารนี้มีกลไกหลักในการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินในพืช ทำให้พืชชะลอการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ และมีการออกดอก โดยสารในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้กันแพร่หลายและมีการทำการค้าในไม้ผลบางชนิด เช่น มะม่วง.(Phavaputanon *et al.*, 2000) ได้แก่สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol)

Paclobutrazol กับการออกดอกของไม้ผล

สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol) มีการนำมาใช้กับไม้ผลบางชนิดในเชิงการค้า เช่น มะม่วง(Phavaputanon *et al.*, 2000) และพืชในตระกูลส้ม เช่น มะนาว (สัจจา, 2533; อำนาง, 2541; รวี, 2543; รัตนา, 2548; ศศิณัฐ, 2548; Tripathi and Dhakal, 2005) ส้มโชกุน (ณัฐทิศา, 2550) ส้ม sweet orange ส้ม Clementine mandarin (Martinez-Fuentes *et al.*, 2004) คัมควอท (Iwahori and Tominaga, 1986) โดยสารนี้จะไปลดการสร้างจิบเบอเรลลิน (gibberellins) ในขั้นตอนของการเปลี่ยน kaurene เป็น kaurenoic acid (Sterrett, 1985) ซึ่งในพืชส่วนใหญ่จิบเบอเรลลินเป็นฮอร์โมนส่งเสริม vegetative growth และยับยั้งการออกดอก (Henry, 1985; Harty and Van Staden, 1988) นอกจากพาโคลบิวทราโซลจะชะลอการเจริญเติบโตทางกิ่งใบแล้วยังพบว่ามีส่วนต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตและการใช้คาร์โบไฮเดรตภายในต้นด้วย มีการศึกษาถึงผลของสารนี้ต่อการออกดอกในไม้ผลหลายชนิดเช่น แอปเปิล (Tromp, 1987) พีช (Martin *et al.*, 1987) จากการศึกษาในต้นมะม่วงที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลพบว่าจะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตเร็วขึ้นและเพิ่มขึ้นก่อนการออกดอก (Phavaputanon *et al.*, 2000; Yeshitela and Stress, 2004) ซึ่งการที่คาร์โบไฮเดรตในต้นพืชโดยเฉพาะไม้ผลเพิ่มขึ้น จะเป็นการปรับระดับของคาร์โบไฮเดรต ต่อระดับของไนโตรเจน (C/N ratio) ให้สูงขึ้น และอาจช่วยให้พืชออกดอกได้ดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมต้นส้มโอที่ใช้ในการทดลอง

ทำการเตรียมต้นส้มโอที่จะใช้ในการทดลองโดยมีทั้งที่ปลูกในกระถาง (ห้วงซีเมนต์) ที่แปลงทดลอง 1 และในแปลงปลูก ที่แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1 การเตรียมต้นส้มโอในกระถาง

ต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งที่ปลูกในกระถางหรือห้วงซีเมนต์เป็นกิ่งตอนอายุประมาณ 1 ปี เริ่มปลูกเมื่อปี 2550 ใช้พันธุ์ละ 20 ต้น ส่วนห้วงซีเมนต์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ความสูง 40 เซนติเมตร และมีรูระบายน้ำและอากาศอยู่ด้านข้าง (ภาพที่ 6) มีวัสดุปลูกคือ ทราาย ขุยมะพร้าว แกลบ ถ่านแกลบ และปุ๋ยคอก ในอัตราส่วน 1:1:1:1:1 โดยปริมาตร มีการให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ปริมาณ 10 กรัม/ต้น ทุก 2 สัปดาห์ ซึ่งต้นส้มโอเหล่านี้ใช้สำหรับการทดลองที่ 1 และ 2

2. การเตรียมต้นส้มโอในแปลง

2.1 แปลงที่ปลูกในลักษณะยกร่อง

ต้นส้มโอที่ปลูกในแปลงนี้มีทั้งพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและทองดีบนดินตอลูกผสม Citrange Troyer อายุประมาณ 3 ปี ยังไม่มีการออกดอก (ภาพที่ 7) ซึ่งใช้ในการทดลองที่ 3

2.2 แปลงที่ปลูกแซมในสวนมะม่วงและไม่ยกร่อง

ต้นส้มโอที่ปลูกเป็นพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งต่อบนดินตอมะนาวด้านเกวียน อายุประมาณ 3 ปี ปลูกแทรกในสวนมะม่วงที่ค่อนข้างร่ม พบว่าเฉพาะต้นส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งบางต้นเริ่มมีการให้ผลแล้ว (ภาพที่ 8) ใช้ในการทดลองที่ 4

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการรดน้ำ paclobutrazol และปุ๋ยยูเรียต่อการออกดอกของส้มโอ

ทำการทดลองกับต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งซึ่งปลูกในห้วงซีเมนต์ในช่วงเดือนธันวาคม 2551 ซึ่งเป็นช่วงเวลาใกล้เคียงกับการงดน้ำของชาวสวน โดยในขณะทดลองต้นส้มโอมีอายุประมาณ 2 ปี วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design แบ่งเป็น 5 ทรีทเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ (ต้น) ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 ชูดควบคุม มีการให้น้ำทุกวัน

ทรีทเมนต์ที่ 2 งดน้ำติดต่อกัน 12 วัน

ทรีทเมนต์ที่ 3 พ่นด้วยสาร paclobutrazol 750 มก/ล 2 ครั้งแต่ละครั้งห่างกัน 15 วัน

ทรีทเมนต์ที่ 4 งดน้ำ 12 วันร่วมกับให้สาร paclobutrazol อัตราเดียวกับทรีทเมนต์ที่ 3

ทรีทเมนต์ที่ 5 งดน้ำร่วมกับให้ปุ๋ยยูเรีย 100 กรัม/ต้น โดยแบ่งให้ครั้งละ 20 กรัมรวม 5 ครั้ง

จากนั้นทำการบันทึกผลดังนี้

1. ศักย์น้ำในใบ

ทำการเก็บใบตำแหน่งที่ 4 ซึ่งเป็นใบที่คลี่เต็มที่แล้วจำนวน 2 ใบ มาวัดค่าศักย์น้ำในใบโดยใช้เครื่อง pressure chamber ทำการวัด 3 ครั้งคือ หนึ่งวันก่อนทำการรดน้ำ หลังสิ้นสุดการรดน้ำหนึ่งสัปดาห์ และช่วงแตกใบ โดยแต่ละครั้งจะทำการวัดในเวลา 6.00-7.30 น.

2. ความชื้นในดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินมาวัดความชื้น ในเวลาเดียวกับที่ทำการวัดศักย์น้ำในใบ โดยวิธี ซึ่งน้ำหนัก (gravimetric method) เก็บตัวอย่างวัสดุปลูกที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร นำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก

3. การออกดอก

เมื่อสิ้นสุดการรดน้ำและทำการให้น้ำอีกครั้ง ต้นส้มโอจะมีการแตกตาเป็นตาดอกและตาใบ จึงทำการบันทึกลักษณะของช่อดอกตามการแบ่งของ Moss (1969) และบันทึกระยะเวลาออกดอก จำนวนช่อดอกทั้งหมด/ต้น และจำนวนดอก/ช่อ

4. ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ทำการเก็บใบลักษณะเดียวกับที่ทำการวัดค่าศักย์น้ำในใบ นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดละเอียด และนำไปหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total nonstructural carbohydrate) โดยวิธีของ Smith และคณะ (1964) และ Hodge และ Hofreiter, (1962)

5. ปริมาณไนโตรเจน

ใช้ตัวอย่างแห้งปริมาณ 0.25 กรัม ทำการหาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี combustion ด้วยเครื่อง Nitrogen Determinator (LECO, FP-528, U.S.A.)

6. C/N ratio โดยคำนวณจากข้อ 4 และ 5

ข้อมูลที่ได้มีการวิเคราะห์โดย analysis of variance และค่าเฉลี่ยที่ได้นำไปวัดความแตกต่างโดย Duncan 's multiple range test (DMRT) at $p \leq 0.05$



ภาพที่ 6 ต้นส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและทองดีที่ปลูกในวงซีเมนต์



ภาพที่ 7 ต้นส้มโอที่ปลูกในแปลงแบบยกร่อง



ภาพที่ 8 แปลงส้มโอที่ปลูกในสภาพดอน (ไม่ยกทรง) แทรกอยู่ในแปลงมะม่วง

การทดลองที่ 2 การใช้สารพาโคลชีวทรานโซลที่ความเข้มข้นต่างๆต่อการออกดอกของส้มโอ

ใช้ต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้งปลูกในห้วงซีเมนต์พันธุ์ละ 20 ต้น โดยเป็นต้นส้มโอจากงานทดลองที่ 1 ซึ่งเมื่อทำการทดลองนี้ในปี 2553 ต้นส้มโอมีอายุประมาณ 4 ปี มีความสูงและขนาดทรงพุ่มประมาณ 1 เมตร มีกิ่งแขนง 3-4 กิ่ง วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ ให้ต้นส้มโอ 1 ต้นเป็น 1 ซ้ำ โดยให้สารพาโคลชีวทรานโซลในรูปสารแขวนลอย ที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์ 10 เปอร์เซ็นต์ (10% a.i.) ด้วยวิธีราดสารลงดินชิดโคนต้น (soil drench) ซึ่งมีทรีทเมนต์ ดังนี้คือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 ไม่ให้สาร (control)

ทรีทเมนต์ที่ 2 ให้สารพาโคลชีวทรานโซล 1 กรัม (a.i.) ต่อต้น ใช้สารพาโคลชีวทรานโซล 10 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

ทรีทเมนต์ที่ 3 ให้สารพาโคลชีวทรานโซล 2 กรัม (a.i.) ต่อต้น ใช้สารพาโคลชีวทรานโซล 20 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

ทรีทเมนต์ที่ 4 ให้สารพาโคลชีวทรานโซล 5 กรัม (a.i.) ต่อต้น ใช้สารพาโคลชีวทรานโซล 50 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

การบันทึกผล

1. การออกดอกของส้มโอ ได้แก่
 - 1.1 ระยะเวลาในการออกดอก
 - 1.2 จำนวนช่อดอกต่อต้น
 - 1.3 ชนิดของช่อดอก
 - 1.4 ลักษณะดอก
2. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในใบ
ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1
- 3 อัตราส่วนของ TNC ต่อ TN นำค่าที่วิเคราะห์ได้จากข้อ 2 มาหารอัตราส่วนระหว่าง TNC: TN ในใบ
4. สภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษา ข้อมูลทางอุตุณิยมวิทยา เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด เป็นต้น

สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

แปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ให้สารเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2553

การทดลองที่ 3 ผลของสารพาโคลบิวทราโซลและการกักน้ำต่อการออกดอกของส้มโอ

ใช้ต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งอายุประมาณ 3 ปีบนต้นตอลูกผสม Troyer citrange ที่ปลูกในสภาพแปลงแบบยกทรง พันธุ์ละ 36 ต้น วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทรีทเมนต์ละ 6 ซ้ำ ให้ต้นส้มโอ 1 ต้นเป็น 1 ซ้ำ โดยให้สารพาโคลบิวทราโซลในรูปสารแขวนลอยที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์ 25 เปอร์เซ็นต์ (25% a.i.) ด้วยวิธีราดสารลงดินชิดโคนต้น ซึ่งมีทรีทเมนต์ ดังนี้คือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 ไม่ให้สาร (control)

ทรีทเมนต์ที่ 2 งดน้ำ 20 วัน

ทรีทเมนต์ที่ 3 รดสารพาโคลบิวทราโซล 10 กรัม (a.i.) ต่อต้น

ทรีทเมนต์ที่ 4 รดสารพาโคลบิวทราโซล 10 กรัม (a.i.) ต่อต้น ร่วมกับการรดน้ำ 20 วัน

ทรีทเมนต์ที่ 5 พ่นสารพาโคลบิวทราโซล 10 กรัม (a.i.) ต่อต้น

ทรีทเมนต์ที่ 6 พ่นสารพาโคลบิวทราโซล 10 กรัม (a.i.) ต่อต้น ร่วมกับการรดน้ำ 20 วัน

ให้สารเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2552

การบันทึกผล

1. ความชื้นในดิน ทำการวัดความชื้นในดินก่อนการรดน้ำ (สุ่มเก็บดิน 9 ธันวาคม 2552) และหลังทำการรดน้ำ (เก็บดิน 29 ธันวาคม 2552) โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร มาชั่งน้ำหนัก และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งดินแห้งสนิท แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักแห้งอีกครั้งเพื่อหาความชื้นในดินซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

$$\text{จากสูตร ความชื้นในดิน (\% โดยน้ำหนัก)} = \frac{(\text{น้ำหนักดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักดินหลังอบ}}$$

2. จำนวนยอดที่แตกใหม่หลังให้สาร
นับจำนวนยอดที่แตกใหม่หลังจากให้สารพาโคลบิวทราโซลและกักน้ำ
3. ความยาวกิ่งที่แตกใหม่
สุ่มต้นส้มโอในแต่ละทรีทเมนต์ทั้ง 2 พันธุ์ ๆ ละ 3 ต้น จากนั้นสุ่มกิ่งที่แตกใหม่ในแต่ละต้นจำนวน 3 กิ่งต่อต้น ติดตามวัดความยาวยอดของกิ่งที่สุ่มมา โดยวัดจากตำแหน่งโคนกิ่งจนถึงปลายยอด
4. การออกดอกของส้มโอ ได้แก่
 - 5.1 ระยะเวลาในการออกดอก เริ่มนับตั้งแต่วันแรกที่มีการให้น้ำใหม่ภายหลังสิ้นสุดการรดน้ำ จนกระทั่งส้มโอผลิดอกและช่อดอกมีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร
ติดตามบันทึกผลตั้งแต่เริ่มออกดอกจนกระทั่งสิ้นสุดการออกดอก
 - 5.2 จำนวนช่อดอกต่อต้น
 - 5.3 ชนิดของช่อดอก
 - 5.4 ลักษณะดอก

6. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในใบ

ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

7 อัตราส่วนของ TNC ต่อ TN นำค่าที่วิเคราะห์ได้จากข้อ 6 มาหาอัตราส่วนระหว่าง TNC: TN ในใบ

8 ผลตกค้างของสารหลังสิ้นสุดการทดลอง (หลังรูดสารครบ 1 ปี) ทำการสุ่มเก็บดินบริเวณโคนต้นจากต้นส้มโอที่ให้สารพาโคลบิวทราโซลทั้งจากการรดดิน และพ่นทางใบ มาทำการทดสอบอย่างง่าย โดยนำดินปลูกใส่กระถางและทำการเพาะเมล็ดแตงกวา โดยมีชุดควบคุมคือกระถางที่ใช้ดินปลูกธรรมดา เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นแตงกวาในดินทั้งสองแบบ

9 สภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษา ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด เป็นต้น

สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

แปลงรวบรวมพันธุ์ส้มโอ แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ระยะเวลาทดลองตั้งแต่เดือนธันวาคม 2552 ถึง มกราคม 2554

การทดลองที่ 4

ใช้ต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งอายุประมาณ 3 ปีบนต้นตอมะนาวด้านเกวียน ในแปลงปลูกแบบที่ดอนร่วมกับต้นมะม่วง พันธุ์ละ 12 ต้น วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ ให้ต้นส้มโอ 1 ต้นเป็น 1 ซ้ำ ทำการรดน้ำและให้สารพาโคลบิวทราโซลในรูปสารแขวนลอยที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์ 25 เปอร์เซ็นต์ (25% a.i.) ด้วยวิธีรูดสารลงดินชิดโคนต้นในวันที่ 10 ธันวาคม 2552 ซึ่งมีทรีทเมนต์ ดังนี้คือ

ทรีทเมนต์ที่ 1 ไม่ให้สาร (control)

ทรีทเมนต์ที่ 2 งดน้ำ 20 วัน

ทรีทเมนต์ที่ 3 รูดสารพาโคลบิวทราโซล 10 กรัม (a.i.) ต่อต้น

ทรีทเมนต์ที่ 4 รูดสารพาโคลบิวทราโซล 10 กรัม (a.i.) ต่อต้น ร่วมกับการงดน้ำ 20 วัน

การบันทึกผล

1. ความชื้นในดิน ทำการวัดความชื้นในดินก่อนการรดน้ำ (สุ่มเก็บดิน 10 ธันวาคม 2552) และหลังทำการรดน้ำ (เก็บดิน 29 ธันวาคม 2552) โดยเก็บตัวอย่างดินมาชั่งน้ำหนัก และนำไป

อบแห้งที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งดินแห้งสนิท แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักแห้งอีกครั้งเพื่อหาความชื้นในดินซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

$$\text{จากสูตร ความชื้นในดิน (\% โดยน้ำหนัก)} = \frac{(\text{น้ำหนักดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักดินหลังอบ}}$$

2. จำนวนยอดที่แตกใหม่หลังให้สาร นับจำนวนยอดที่แตกใหม่หลังจากกักน้ำและให้สารพาโคลบิวทราโซล

3. ความยาวกิ่ง

ในแต่ละทรีตเมนต์ทำการสุ่มกิ่งที่แตกใหม่ในแต่ละต้นจำนวน 3 กิ่งต่อต้น ติดตามวัดความยาวยอดของกิ่งที่สุ่มมา โดยวัดจากตำแหน่งโคนกิ่งจนถึงปลายยอด

4. การออกดอกของส้มโอ ได้แก่

4.1 ระยะเวลาในการออกดอก

4.2 จำนวนช่อดอกต่อต้น

4.3 ชนิดของช่อดอก

4.4 ลักษณะดอก

6. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในใบ

6.1 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง (Total non-structural carbohydrates; TNC) ในใบ สุ่มเก็บตัวอย่างใบที่ผลิหลังจากให้สาร โดยสุ่มเก็บใบที่คลี่เต็มที่ โดยใช้วิธีสกัดของ Smith *et al.* (1964) และหาปริมาณ TNC ตามวิธีของ Nelson's reducing sugar procedure (Hodge and Hofreiter, 1962)

6.2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen; TN) ด้วยเครื่อง Protein/Nitrogen determinator (FP-528, Leco Crop., U.S.A.) ทำการสุ่มเลือกกิ่งยอด 3 กิ่งต่อต้น เลือกใบที่อยู่ประมาณกลางกิ่งและคลี่เต็มที่ที่เป็นตัวแทน ใช้ตัวอย่างแห้ง 0.25 กรัม เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน EDTA ที่มีปริมาณไนโตรเจน 9.57%

6.3 อัตราส่วนของ TNC ต่อ TN นำค่าที่วิเคราะห์ได้จากข้อ 6.1 และ 6.2 มาหาอัตราส่วนระหว่าง TNC: TN ในใบ

7. สภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษา ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด เป็นต้น

สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน ระยะเวลาทดลองตั้งแต่เดือนธันวาคม 2552 ถึง มกราคม 2554

ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1

เนื่องจากในการทดลองนี้มีเพียงส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ออกดอกจึงแสดงข้อมูลต่างๆเฉพาะในพันธุ์
ขาวน้ำผึ้ง

ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินในต้นที่ไม่มีการรดน้ำ (control และให้สาร paclobutrazol เพียงอย่างเดียว) จะ
สูงกว่า ทรีทเมนต์ที่มีการรดน้ำ คือมีค่า 26-30% ตลอดการทดลอง ขณะที่เมื่อสิ้นสุดการกักน้ำต้นส้ม
โอที่มีการรดน้ำ ความชื้นในดินจะลดลงไปถึง 14% และกลับมาเท่าระดับปกติเมื่อน้ำอีกครั้งไป
จนถึงเริ่มแตกใบ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทรีทเมนต์	ความชื้นในดิน(%)			
	ก่อนกักน้ำ	สิ้นสุดการกักน้ำ	หลังให้น้ำใหม่	ผลยอด
Control	27.46	28.39	26.09	30.55
งดน้ำ	28.13	14.37	28.69	29.02
PBZ	29.96	29.98	30.41	31.25
PBZ + งดน้ำ	28.20	14.80	28.87	27.05
Urea + งดน้ำ	29.11	13.85	27.75	28.95
F-test	ns	**	ns	ns
CV (%)	6.49	6.84	4.41	4.03

ค่าศักย์น้ำในใบ

ค่าศักย์น้ำในใบจะสอดคล้องกับค่าความชื้นในดิน ในต้นที่มีการรดน้ำ ค่าศักย์น้ำในใบในต้นที่งดน้ำ และต้นที่งดน้ำและให้ปุ๋ยยูเรีย จะลดลงอย่างรวดเร็วเป็น -2.09 และ -2.17 MPaตามลำดับ ขณะที่ค่าศักย์น้ำในใบของต้นส้มโอในทรีตเมนต์ที่ไม่มีการรดน้ำมีค่าประมาณ -0.5 MPa ตลอดการทดลอง ส่วนในต้นที่ได้รับสาร paclobutrazol ร่วมกับการรดน้ำให้ผลไม่แตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รดน้ำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงศักย์น้ำในใบของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทรีตเมนต์	ศักย์น้ำในใบ (Mpa)			
	ก่อนกักน้ำ	สิ้นสุดการรดน้ำ	หลังให้น้ำใหม่	ผลยอด
Control	-0.74	-0.59 b	-0.36	-0.40
งดน้ำ	-0.75	-2.09 a	-0.48	-0.27
PBZ	-0.70	-0.51 b	-0.36	-0.23
PBZ + งดน้ำ	-0.66	-1.05 b	-0.4	-0.28
Urea + งดน้ำ	-0.73	-2.17 a	-0.35	-0.31
F-test	ns	**	ns	ns
CV(%)	14.90	17.78	13.82	25.33

การเจริญเติบโตทางกิ่งใบ

แม้ความยาวของยอดที่แตกใหม่ในต้นส้มโอแต่ละทรีตเมนต์จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าความยาวกิ่งในทรีตเมนต์ที่มีการให้สาร paclobutrazol ทั้งสองทรีตเมนต์จะมีขนาดสั้นกว่ากิ่งอื่น (ตารางที่ 3 และภาพที่ 9)

ตารางที่ 3 จำนวนยอดและความยาวยอดที่ผลิใหม่หลังการให้น้ำในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทรีตเมนต์	จำนวนยอดที่ผลิใหม่/ต้น	ความยาวยอดที่ผลิใหม่ (ซม.)
control	25.00 a	20.63 a
งดน้ำ	26.67 a	23.23 a
PBZ	11.00 a	10.65 b

PBZ + งดน้ำ	23.00 a	8.81 b
Urea + งดน้ำ	31.67 a	18.93 a
F-test	ns	**
CV (%)	22.79	17.21

การเกิดช่อดอกและลักษณะช่อดอก

ต้นส้มโอในทุกทรีตเมนต์ยกเว้น control มีการออกดอกหลังทำให้การให้น้ำ 7.85-15.67 วัน โดยทรีตเมนต์ที่มีการงดน้ำเพียงอย่างเดียว ให้ช่อดอก/ต้นสูงที่สุดแต่ก็ไม่แตกต่างจากทรีตเมนต์อื่น โดยมี 6-8 ดอก/ช่อ (ตารางที่ 4) ส่วนชนิดของช่อดอกที่พบว่าส่วนใหญ่เป็นช่อดอกที่มีดอกและใบเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นช่อดอกที่น่าจะมีคุณภาพดี และการทดลองนี้ไม่พบช่อดอกที่มีเพียง 1-2 บนก้านสั้นๆ และไม่มีใบ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 การออกดอกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งหลังได้รับทรีตเมนต์ต่างๆ

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาออกดอก (วัน)	จำนวนช่อดอก/ต้น	จำนวนดอก/ช่อ
control	0 c	0 b	0 b
งดน้ำ	13.17 a	18.00 a	7.5 a
PBZ	15.67 a	7.67 ab	5.53 a
PBZ + งดน้ำ	15.50 a	11.33 ab	8.1 a
Urea + งดน้ำ	7.85 b	13.67 ab	6.3a
F-test	*	*	*
CV (%)	21.88	26.22	21.10

ตารางที่ 5 ชนิดช่อดอกที่ผลิใหม่หลังการให้น้ำต้นส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทรีตเมนต์	ชนิดช่อดอก			
	ช่อดอกที่มีดอกและใบจำนวนมาก	ช่อดอกไม่มีใบ	ช่อดอกที่มีใบน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของดอก	ช่อดอกมี 1-2 ดอกและมีใบจำนวนมาก
Control	-	-	-	-
งดน้ำ	15.7	0	0.7	1.7

PBZ	4.7	0.3	1.0	1.7
PBZ + งดน้ำ	8.7	0	0.7	2.0
Urea + งดน้ำ	11.0	0.7	1.0	1.0
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	28.24	32.66	39.92	34.11

หมายเหตุ ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ

- ไม่มีการออกดอก

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (TNC) ของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทรีทเมนต์	TNC (mg D-glucose/ g dry wt.)			
	ก่อนกักน้ำ	สิ้นสุดการงดน้ำ	หลังให้น้ำใหม่	ผลยอด
Control	103.98 ab	103.02 b	90.20 a	70.79 a
งดน้ำ	92.19 ab	134.30 a	115.69 a	90.94 a
PBZ	88.05 ab	116.58 b	102.52 a	100.23 a
PBZ + งดน้ำ	109.66 a	116.66 b	104.50 a	91.40 a
Urea + งดน้ำ	73.34 b	81.85 c	81.90 a	78.93 a
F-test	*	**	ns	ns
CV (%)	14.36	6.18	23.00	16.06

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน (TN)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนจะแตกต่างจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตคือ พบว่ามีค่าคงที่ตลอดการทดลองในทุกทรีทเมนต์ แต่ในทรีทเมนต์ที่ให้ยูเรียจะพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าทรีทเมนต์อื่นอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน (TN) ของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทรีทเมนต์	TN (% dry wt.)			
	ก่อนกักน้ำ	สิ้นสุดการงดน้ำ	หลังให้น้ำใหม่	ผลยอด
Control	1.80 b	1.85 b	1.87 b	2.16 a
งดน้ำ	2.08 ab	1.98 b	1.82 b	2.30 a

PBZ	2.24 ab	2.16 b	2.15 b	2.32 a
PBZ + งดน้ำ	1.91 b	1.71 b	2.13 b	1.88 a
Urea + งดน้ำ	3.18 a	2.69 a	2.82 a	2.63 a
<i>F</i> -test	*	*	**	ns
CV(%)	20.47	10.53	12.10	18.92

การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนระหว่าง C/N

สัดส่วนของ C และ N มีการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนระหว่าง C/N ของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทรีทเมนต์	C/N (% dry wt.)			
	ก่อนกักน้ำ	สิ้นสุดการงดน้ำ	หลังให้น้ำใหม่	ผลยอด
Control	5.84 a	5.69 a	5.12 ab	3.22 c
งดน้ำ	4.23 a	6.78 a	6.77 a	4.74 b
PBZ	3.98 a	5.41 b	4.76 ab	4.35 b
PBZ + งดน้ำ	5.36 a	6.32 a	5.78 ab	5.62 a
Urea + งดน้ำ	2.32 a	3.07 b	2.98 b	3.05 c
<i>F</i> -test	*	*	*	**
CV (%)	16.23	18.31	15.48	8.35

ผลการทดลองที่ 2

การออกดอกของต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง

หลังจากให้สารพาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ กับต้นส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ ประมาณ 2 เดือน พบว่าต้นส้มโอทั้ง 2 พันธุ์มีการออกดอกโดยมีการออกดอกมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ในส้มโอพันธุ์ทองดีพบว่าทุกทรีทเมนต์มีการออกดอก โดยต้นควบคุมมีการออกดอกน้อยที่สุด (ตารางที่ 9) ขณะที่ในพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีการออกดอกมากกว่าพันธุ์ทองดีในทุกทรีทเมนต์แม้แต่ต้น

ควบคุม แต่พบว่าต้นที่มีการออกดอกดีที่สุดคือต้นที่ได้รับสาร 5 กรัม (ตารางที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองใช้สารนี้ในพืชต่างๆ รวมทั้งพืชตระกูลส้มเพื่อชักนำการออกดอก (ศศิณูช, 2548; สัจจา, 2533; อำนาจ, 2541; Iwahori and Tominaga, 1986; Tromp, 1987; Yeshitela *et al.*, 2004; Tripathi and Dhakal, 2005)

การที่ต้นส้มโอทั้งสองพันธุ์มีความสามารถออกดอกแตกต่างกันน่าจะเป็นเพราะความแตกต่างทางพันธุกรรม ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับข้อมูลจากการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอทั้งสองพันธุ์ในเขตอำเภอสามพราณและอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ที่ให้ความเห็นว่าส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีแนวโน้มจะออกดอกได้ง่ายกว่าพันธุ์ทองดี และสามารถทยอยออกดอกได้ตลอดทั้งปี ซึ่งในไม่ผลอื่น เช่นมะม่วงก็พบว่าแต่ละพันธุ์มีการออกดอกยากง่ายแตกต่างกัน เช่นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มิมีนิสัยการออกดอกแบบทยอยคือสามารถออกดอกได้ง่ายและตลอดปี ในขณะที่พันธุ์เขียวเสวยมีการออกดอกค่อนข้างยาก ซึ่งเมื่อมีการให้สารพาโคลบิวทราโซลกับมะม่วงทั้งสองพันธุ์ก็พบว่าสารนี้ชักนำให้ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ออกดอกได้ง่ายกว่า แสดงว่าลักษณะพันธุกรรมที่แตกต่างกันในพืชแต่ละพันธุ์มีผลต่อลักษณะการออกดอกของพืช

ในการทดลองนี้ใช้ต้นส้มโอกลุ่มเดียวกับในการทดลองที่ 1 แต่เมื่อเวลาผ่านไปต้นส้มโอมีอายุมากขึ้นและมีการเจริญเติบโตทั้งความสูงและทรงพุ่มเพิ่มขึ้น อีกทั้งเริ่มเปลี่ยนจากระยะวัยพัฒนา (juvenile phase) เข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ (mature phase) มากขึ้น ทำให้พบว่าต้นส้มโอพันธุ์ทองดีซึ่งไม่พบการออกดอกเลยในการทดลองที่ 1 มีการออกดอก อย่างไรก็ตามแม้สารพาโคลบิวทราโซลจะทำให้ต้นส้มโอพันธุ์ทองดีออกดอกได้แต่ก็น้อยมาก เป็นเพราะต้นยังไม่พร้อมเต็มที่ คือยังไม่เข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์อย่างเต็มที่

ลักษณะช่อดอกส้มโอ

ในต้นส้มโอที่มีการให้สารพาโคลบิวทราโซลจะพบว่าช่อดอกส่วนใหญ่เป็นแบบมีดอกจำนวนมากต่อช่อทั้งมีและไม่มีใบ ในขณะที่ต้นควบคุมจะมีช่อดอกแบบที่ดอก 1-2 ดอก มากกว่าช่อดอกที่มีดอกจำนวนมาก และส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีการตอบสนองต่อการให้สารดีกว่าพันธุ์ทองดีอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 9 และ 10) อาจเป็นไปได้ว่าในต้นที่ให้สารพาโคลบิวทราโซลมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบลดลง อาหารสะสม (คาร์โบไฮเดรต) จึงถูกใช้ไปน้อยหรือทำให้ต้นส้มโอมีการสะสมอาหารเร็วขึ้น (Phavaputanon *et al.*, 2000) ทำให้สามารถสร้างช่อดอกที่สมบูรณ์คือช่อดอกที่มีหลายดอกต่อช่อนอกจากนี้ยังพบว่า ในต้นที่มีการให้สารพาโคลบิวทราโซล จะมีช่อดอกที่เกิดบริเวณลำต้นหลักเป็นจำนวนมาก ขณะที่ในต้นที่เป็นชุดควบคุมแม้มีการออกดอกก็ไม่พบการออกดอกบริเวณลำต้นแต่จะออกดอกบนกิ่งที่เกิดใหม่เช่นส้มโอทั่วไป (ภาพที่ 10)

ตารางที่ 9 การออกดอกของส้มโอพันธุ์ทองดีที่ปลูกในห้วงซีเมนต์หลังทำการให้สารพาโคลบิวทราโซลในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2553 (ออกดอกช่วงเมษายน 2553-มกราคม 2554)

พันธุ์	ทรีทเมนต์	ประเภทช่อดอก					รวม
		ไม่มีใบ	มีใบหลายใบหลายดอก	มีใบน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของดอก	หนึ่งถึงสองดอกมีใบมาก	หนึ่งถึงสองดอกไม่มีใบ	
ทองดี	control	0	1.7	0	1	0	2.7
	PBZ 1 g(a.i.)	0	3	0	1.3	2	6.3
	PBZ 2 g (a.i.)	0	2	0	2	0	4
	PBZ 5 g (a.i.)	1	1	0	2	0	4
F-test							ns
CV (%)							75.5
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ							

ตารางที่ 10 การออกดอกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ปลูกในห้วงซีเมนต์หลังทำการให้สารพาโคลบิวทราโซลในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2553 (ออกดอกช่วงเมษายน 2553-มกราคม 2554)

พันธุ์	ทรีทเมนต์	ประเภทช่อดอก					รวม
		ไม่มีใบ	มีใบหลายใบหลายดอก	มีใบน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของดอก	หนึ่งถึงสองดอกมีใบมาก	หนึ่งถึงสองดอกไม่มีใบ	
ขาวน้ำผึ้ง	control	0	3.33	0	7.25	0	15.58 ab*
	PBZ 1 g (a.i.)	0	2.33	0	2.54	0	13.37 b
	PBZ 2 g (a.i.)	0	5.25	0	2.80	0	19.05 ab
	PBZ 5 g (a.i.)	3.6	12.30	20	3.67	2	56.07 a
F-test							*
CV (%)							95.46

*ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 9 ใบส้มโอที่แตกใหม่ในต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราไซล แสดงอาการใบสั้น เป็นกระจุก



ภาพที่ 10 ต้นส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่มีการให้สารพาโคลบิวทราไซลจะมีการออกดอกที่ บริเวณลำต้นหลักด้วย

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC)

จากการศึกษาผลของการราดสารพาโคลบิวทราโซลในความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ของใบส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้ง ที่มีอายุประมาณ 2 เดือน ในพันธุ์ทองดีพบว่ามีการให้สารความเข้มข้น 1 กรัมที่ทำให้ปริมาณ TNC สูงที่สุดคือ 66.83 มิลลิกรัม D-glucose/กรัมน้ำหนักแห้ง และแตกต่างจากต้นที่ไม่ให้สาร ในพันธุ์ชาวน้ำผึ้งพบว่าปริมาณ TNC จะมีค่าสูงสุดเมื่อให้สารความเข้มข้น 5 กรัม (a.i.) คือ 92.17 มิลลิกรัม D-glucose/กรัมน้ำหนักแห้ง และปริมาณ TNC จะมีค่าต่ำสุดเมื่อให้สารความเข้มข้น 2 กรัม (a.i.) คือ 58.67 มิลลิกรัม D-glucose/กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งในทั้งสองพันธุ์ ทรีทเมนต์ที่มีค่า TNC สูงที่สุดก็พบว่าการออกดอกมากที่สุด

ตารางที่ 10 ปริมาณ TNC ในใบส้มโอที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับต่างๆ

ทรีทเมนต์	ปริมาณกลูโคส (mg D- glucose/g.dry.wt)	
	ทองดี	ชาวน้ำผึ้ง
ไม่ให้สาร	34.50b	68.83b
ราดสาร PBZ 1 g (a.i.)	66.83a	67b
ราดสาร PBZ 2 g (a.i.)	54ab	58.67b
ราดสาร PBZ 5 g (a.i.)	39.83b	92.17a
F-test	*	*
CV (%)	19.45	10.28

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองที่ 3

ความชื้นในดินก่อนและหลังการกักน้ำ

หลังการกักน้ำประมาณ 20 วัน พบว่าความชื้นในดินหายไปประมาณ 5% (ตารางที่ 11) ซึ่งมากกว่าในสวนส้มโอของเกษตรกรในเขตอำเภอสามพรานและนครชัยศรี ที่พบว่าหลังเกษตรกรทำการกักน้ำ 2-3 สัปดาห์ ความชื้นจะลดลงเพียง 2% อาจเนื่องจากก่อนกักน้ำเกษตรกรมักมีการลอกท้องร่องและนำโคลนและเลนในท้องร่องมาคลุมบนแปลง และต้นส้มโอที่ปลูกส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่หรือปลูกร่วมกับพืชอื่นทำให้ภายในแปลงมีร่มเงา ดังนั้นแม้จะกักน้ำแต่ความชื้นในดินบางส่วนยังคง

อยู่ (กฤษณา, 2550) ในขณะที่แปลงที่ใช้ทำการทดลองครั้งนี้อยู่ในที่โล่งเพราะไม่ได้ปลูกพืชอื่นผสม อีกทั้งต้นส้มโอยังมีขนาดเล็กจึงยังไม่มีร่มเงา อากาศจึงถ่ายเทได้ดี ทำให้ความชื้นในดินหายไปมากกว่าในแปลงของเกษตรกรแม้จะทำการกักน้ำในระยะเวลาใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 12 ความชื้นในดินในแปลงส้มโอที่ปลูกแบบยกทรง วัดครั้งแรกเมื่อเริ่มกักน้ำ 9 ธันวาคม 2553 และทำการวัดอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดการกักน้ำ ในวันที่ 29 ธันวาคม 2553

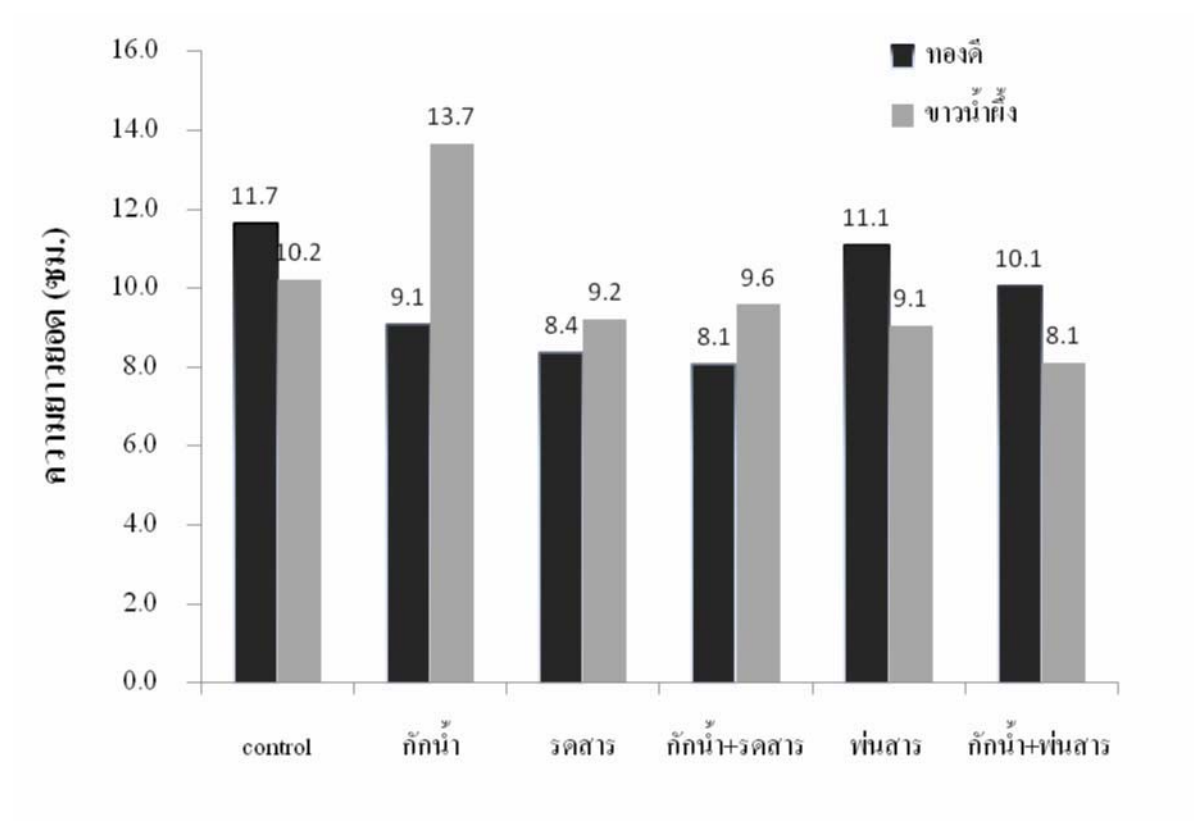
พันธุ์	ต้นที่	ความชื้นในดินก่อนกักน้ำ (%)	ความชื้นในดิน หลังกักน้ำ (%)	ความชื้นในดิน ที่ลดลง (%)
ทองดี	7	12.23	6.74	5.49
	10	12.94	8.40	4.54
	11	12.90	6.90	6.00
	ค่าเฉลี่ย	12.69	7.35	5.34
ชาวน้ำผึ้ง	7	12.91	8.00	4.91
	8	12.87	7.65	5.22
	9	13.32	8.17	5.15
	ค่าเฉลี่ย	13.03	7.94	5.09

ความยาวยอด

ในส้มโอพันธุ์ทองดี พบว่าต้นที่ให้สารพาโคลบิวทราโซลมีความยาวยอดน้อยกว่าต้นที่ไม่ให้สาร และต้นที่กักน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างต้นที่ให้สารด้วยการรดและฉีดพ่นทางใบ พบว่าต้นที่ให้สารด้วยการราดสารมีความยาวยอดน้อยกว่าต้นที่ให้สารด้วยวิธีการพ่นประมาณ 3 เซนติเมตร

ส่วนในพันธุ์ชาวน้ำผึ้ง พบว่าต้นที่ให้สารพาโคลบิวทราโซลมีความยาวยอดน้อยกว่าต้นที่ไม่ให้สาร และต้นที่กักน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างต้นที่ให้สารด้วยการรดและพ่น พบว่าต้นที่ให้สารด้วยการพ่นมีความยาวยอดน้อยกว่าต้นที่ให้สารด้วยวิธีการรด แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก

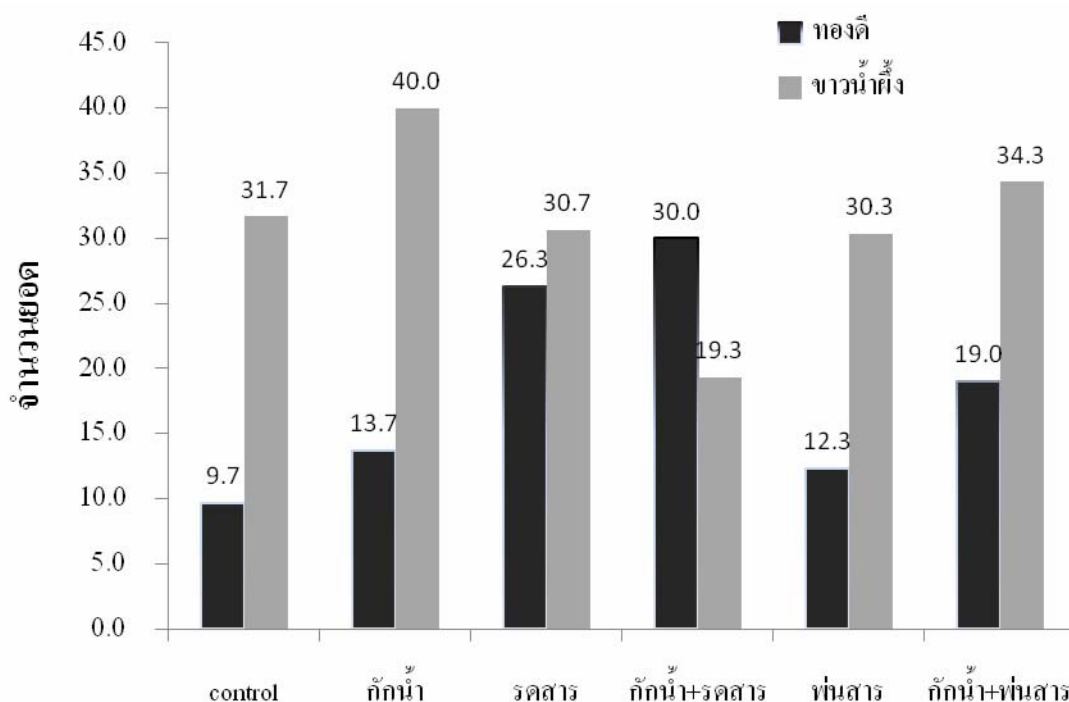
การให้สารพาโคลบิวทราโซลไม่ว่าโดยวิธีรดลงดินหรือพ่นทางใบ ทำให้กิ่งใหม่ที่แตกออกมาของส้มโอทั้งสองพันธุ์มีขนาดสั้นกว่าปกติ เป็นเพราะสารนี้มีผลยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินในต้นส้มโอตามที่รายงานไว้ (Henry, 1985; Sterrett, 1985; Martin *et al.*, 1987; Harty and Van Staden, 1988) อีกทั้งสารนี้ยังทำให้ใบส้มโอมีลักษณะบิดงอ แต่ก็ไม่ได้เป็นในทุกยอดที่แตกใหม่ (ภาพที่ 9 และ 11)



ภาพที่ 11 ความยาวยอดของส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งในแต่ละทรีทเมนต์
 ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ cv 31.44%

จำนวนยอดที่แตกใหม่

พบว่าส้มโอพันธุ์ทองดีมีจำนวนยอดที่แตกใหม่หลังให้น้ำน้อยกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในทุกทรีทเมนต์ ยกเว้นทรีทเมนต์ที่ให้สารด้วยวิธีการรดสารร่วมกับการกักน้ำ (ภาพที่ 12) ทั้งนี้อาจเป็นความแตกต่างในแต่ละพันธุ์ โดยจากการสังเกตพบว่าต้นส้มโอพันธุ์ทองดีจะมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเล็กน้อย



ภาพที่ 12 จำนวนยอดของส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งที่แตกใหม่หลังให้สารในแต่ละทรีทเมนต์

การออกดอก

ในต้นส้มโอพันธุ์ทองดีที่ปลูกในแปลงยกร่องไม่พบการออกดอกในต้นที่ไม่ให้สาร และงดน้ำ เพียงอย่างเดียวตลอดการทดลอง ส่วนต้นที่มีการให้สารและให้สารร่วมกับการรดน้ำบางทรีทเมนต์ พบว่ามีการออกดอก (ตารางที่ 12)

ส่วนในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบว่าแม้ไม่มีการรดน้ำหรือให้สารก็มีการออกดอก แต่พบเพียง 1 ช่อ ในขณะที่การให้สารและรดน้ำทำให้มีการออกดอกได้มากกว่า (ตารางที่ 13)

ในการทดลองนี้แม้ว่าการรดน้ำและการให้สารจะทำให้ต้นส้มโอทั้งสองพันธุ์ออกดอกได้ แต่เป็นจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับผลในการทดลองที่ 1 ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการทดลองที่ 2 เป็นการให้สารในสภาพแปลงใหญ่ การควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่นความชื้นในดิน ทำได้ยากกว่าต้นส้มโอที่ปลูกในกระถาง ซึ่งจัดการง่ายกว่า ซึ่งจุดนี้เป็นข้อที่ควรคำนึงในการที่จะนำสารนี้ไปใช้ในสภาพแปลงที่ปลูกจริง โดยต้องพยายามควบคุมหรือปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสาร ส่วนวิธีการให้สารทั้งสองวิธีสามารถชักนำการออกดอกได้ ดังนั้นวิธีให้สารจึงอาจเลือกให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานในสภาพจริง เช่นในสวนที่ยกร่องการให้โดยการรดทางดิน อาจทำได้สะดวกกว่าการฉีดพ่นทางใบ โดยเฉพาะในแปลงที่ต้นส้มโอมีขนาดใหญ่จะทำการฉีดพ่นได้ลำบาก

ตารางที่ 12 การออกดอกของต้นส้มโอพันธุ์ทองดีในแปลงยกร่อง หลังกักน้ำและให้สารพาโคลบิว
ทราโซลในเดือนธันวาคม 2552 มีการออกดอกช่วงเดือนเมษายน 2553-มกราคม 2554

ทรีทเมนต์	ประเภทช่อดอก				
	ไม่มีใบ	หลายใบ หลายดอก	ใบน้อย กว่าครึ่ง	หนึ่งถึงสอง ดอกมีใบ จำนวนมาก	หนึ่งถึงสอง ดอกไม่มีใบ
ชุดควบคุม	0	0	0	0	0
งดน้ำ	0	0	0	0	0
รดสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	0	0	0	0
งดน้ำ+รดสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	3	0	3	1
พ่นสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	3	0	3	0
งดน้ำ+พ่นสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	0	0	0	0

ตารางที่ 13 การออกดอกของต้นส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในแปลงยกร่อง หลังกักน้ำและให้สารพาโคล
บิวทราโซลในเดือนธันวาคม 2552 มีการออกดอกช่วงเดือนเมษายน 2553-มกราคม 2554

ทรีทเมนต์	ประเภทช่อดอก				
	ไม่มีใบ	หลายใบ หลายดอก	ใบน้อย กว่าครึ่ง	หนึ่งถึงสอง ดอกมีใบ จำนวนมาก	หนึ่งถึงสอง ดอกไม่มีใบ
ชุดควบคุม	0	0	0	1	0
งดน้ำ	0	0	0	0	0
รดสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	0	0	0	0
งดน้ำ+รดสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	3	0	3	0
พ่นสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	4	0	2	0
งดน้ำ+พ่นสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	3	0	1	0

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในใบ

จากการศึกษาพบว่าในส้มโอพันธุ์ทองดีที่มีการงดน้ำหรือให้สารพาโคลบิวทราโซลไม่ได้ทำให้ปริมาณ TNC แตกต่างกับต้นที่ไม่ให้สาร ในทางตรงข้ามพบว่าในทุกทรีทเมนต์มีค่า TNC น้อยกว่าในต้นที่ไม่มีการให้สารหรืองดน้ำ ส่วนในพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบว่ากลับกันคือปริมาณ TNC ในทุกทรีทเมนต์

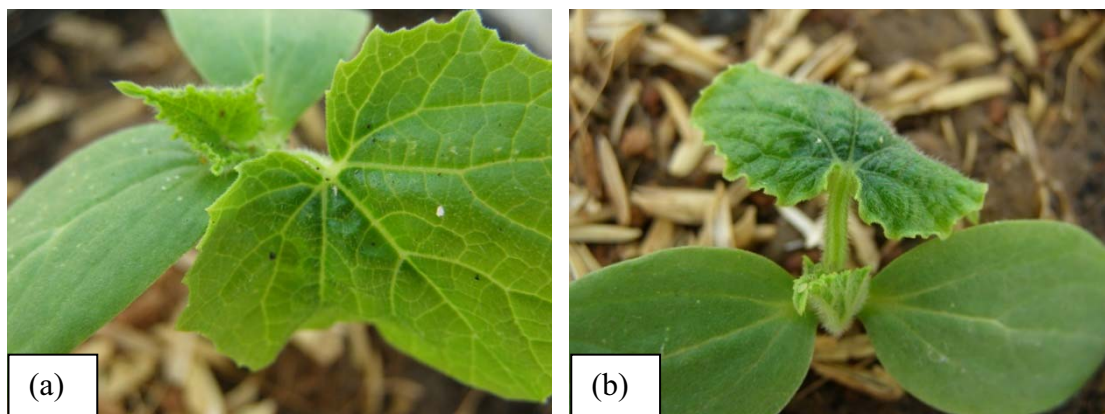
จะสูงกว่าต้นควบคุม โดยมีค่าสูงสุดเมื่อให้สารด้วยการรดลงดินรวมกับการกักน้ำ 14-20 วัน คือ 104.38 มิลลิกรัม D-glucose/กรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ของส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งที่ปลูกแบบยกร่อง

พรีทเมนต์	ปริมาณกลูโคส (mg D- glucose/g.dry.wt)	
	ทองดี	ขาวน้ำผึ้ง
ไม่ให้สาร	81.63	68.63
กักน้ำ 14-20 วัน	65.50	76.00
รดสาร PBZ 10 g (a.i.)	68.38	91.38
รดสาร PBZ 10 g (a.i.) + กักน้ำ 14-20 วัน	66.25	104.38
พ่นสาร PBZ 10 g (a.i.)	55.13	86.38
พ่นสาร PBZ 10 g (a.i.) + กักน้ำ 14-20 วัน	57.38	97.38

การตกค้างของสารภายในดิน

จากการเก็บตัวอย่างดินบริเวณโคนต้นส้มโอหลังให้สารพาโคลบิวทราโซลไปแล้ว 12 เดือน โดยเก็บดินต้นละ 4 จุด จากนั้นนำตัวอย่างดินมาผึ่งลมจนดินแห้ง บดให้ละเอียดแล้วผสมกับทรายและถ่านเกลบ อัตรา 1 : 1 โดยปริมาตร จากนั้นบรรจุในกระถางพลาสติกขนาด 4 นิ้ว นำต้นแตงกวาอายุ 10 วัน ย้ายลงปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง ดูแลให้น้ำตามปกติ เปรียบเทียบต้นแตงกวาที่ปลูกในตัวอย่างดินที่เคยให้สารกับต้นที่ปลูกในดินที่ไม่ให้สาร



ภาพที่ 13 (a) ต้นแตงกวาที่ปลูกในดินที่ไม่ให้สาร และ (b) ต้นแตงกวาที่ปลูกในตัวอย่างดินที่เคยให้สาร

ผลการทดลองที่ 4

ความชื้นในดินก่อนและหลังการกักน้ำ

หลังทำการกักน้ำพบว่าความชื้นในดินในแปลงนี้ลดลงเฉลี่ย 3% (ตารางที่ 15) ซึ่งน้อยกว่าในสองการทดลองแรก เนื่องจากในแปลงนี้ยังไม่มีติดตั้งระบบน้ำ ใช้วิธีให้น้ำโดยการใช้น้ำรด จึงได้น้ำน้อยกว่าอีก 2 การทดลอง ประกอบกับดินบริเวณนี้ค่อนข้างเป็นดินทรายจึงเก็บความชื้นได้ไม่ดี ทำให้ความชื้นในดินเริ่มต้นต่ำกว่าอีกสองการทดลอง

ตารางที่ 15 ความชื้นในดินในแปลงส้มโอที่ปลูกแทรกในแปลงมะม่วง วัดครั้งแรกเมื่อเริ่มกักน้ำ 10 ธันวาคม 2553 และทำการวัดอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดการกักน้ำ ในวันที่ 29 ธันวาคม 2553

พันธุ์	ต้นที่	ความชื้นในดินก่อนการกักน้ำ(%)	ความชื้นในดินหลังการกักน้ำ(%)	ความชื้นในดินที่ลดลง(%)
ทองดี	2	9.38	7.81	1.57
	5	6.80	4.41	2.39
	8	8.09	7.24	0.85
	เฉลี่ย	8.09	6.49	1.60
ขาวน้ำผึ้ง	2	11.95	6.71	5.24
	5	3.97	4.85	-0.88*
	11	12.90	8.02	4.88
	เฉลี่ย	12.43	7.37	5.06

*ไม่ได้นำมาคิดค่าเฉลี่ยเนื่องจากมีความผิดพลาดในการเก็บข้อมูล

การออกดอกของส้มโอ

พบว่าต้นส้มโอพันธุ์ทองดีในการทดลองนี้ไม่มีการออกดอกเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ส่วนในพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีการออกดอกในทุกทรีทเมนต์ โดยต้นควบคุมมีการออกดอกมากที่สุด (ตารางที่ 16) ส่วนลักษณะช่อดอกพบว่าทุกลักษณะโดยส่วนใหญ่เป็นช่อแบบมีหลายดอกทั้งมีและไม่มีใบ ยกเว้นลักษณะสุดท้ายคือช่อดอกแบบมีหนึ่งหรือสองดอกแต่ไม่มีใบที่ไม่พบในการทดลองนี้ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 การออกดอกของต้นส้มโอที่ปลูกแทรกในแปลงมะม่วงหลังการกักน้ำและราดสารพาโคลบิวทราโซล ออกดอกช่วงเมษายน-กรกฎาคม 2553

ทรีทเมนต์	จำนวนช่อดอก	
	พันธุ์ทองดี	พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง
ชุดควบคุม	0	94
กักน้ำ	0	4
ราดสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	25
กักน้ำ+ราดสาร PBZ 10 g (a.i.)	0	8

ตารางที่ 17 จำนวนของช่อดอกแต่ละประเภทที่พบในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ทรีทเมนต์	ประเภทช่อดอก				
	ไม่มีใบ	หลายใบ หลายดอก	ใบน้อย กว่าครึ่ง	หนึ่งถึงสอง ดอกมีใบ	หนึ่งถึงสอง ดอกไม่มีใบ
ชุดควบคุม	0	10	0	0	0
กักน้ำ	2	0	0	2	0
ราดสาร PBZ 10 g (a.i.)	6	14	0	5	0
กักน้ำ+ราดสาร PBZ 10 g (a.i.)	2	1	1	1	0

วิจารณ์

การกักน้ำหรือดัดน้ำเป็นวิธีที่เกษตรกรในเขตลุ่มน้ำนครชัยศรีนิยมทำอยู่แล้วเพื่อบังคับให้ต้นส้มโอออกดอก ซึ่งในการทดลองนี้ซึ่งทำกับต้นส้มโอขนาดเล็กปลูกในลอนซีเมนต์ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน ซึ่งที่จริงแล้วอาจมีประสิทธิภาพดีกว่า เพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้สะดวก ซึ่งในทรีตเมนต์ที่มีการกักน้ำจะพบว่าเมื่อสิ้นสุดการกักน้ำ ความชื้นในดินจะหายไปราว 10-15% ซึ่งจากการทดลองที่ผ่านมาในแปลงเกษตรกรกลับพบว่าเมื่อสิ้นสุดการกักน้ำ ความชื้นในดินหายไปประมาณ 2% เท่านั้นเพราะเกษตรกรมีการลอกเลนมาคลุมแปลงทำให้ความชื้นในดินลดลงไม่มากนัก ดังนั้นการกักน้ำในส้มโออาจไม่จำเป็นต้องให้ความชื้นในดินหายไปมากก็สามารถทำให้ต้นส้มโอออกดอกได้ แต่ต้นส้มโอต้องมีความสมบูรณ์ และช่วงที่ทำการกักน้ำหากมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำก็จะได้ผลดียิ่งขึ้น

การใช้สารพาโคลบิวทราโซลสามารถชักนำให้ต้นส้มโอออกดอกได้เช่นเดียวกับในไม้ผลอื่นๆรวมทั้งพืชตระกูลส้ม (สัจจา, 2533; อำนาจ, 2541; รวี, 2543; รัตนา, 2548; Martin *et al.* 1987; Tromp, 1987; Phavaphutanon *et al.*, 2000;) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าทุกการทดลองยกเว้นการทดลองที่ 4 พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลสามารถกระตุ้นให้ต้นส้มโอมีการออกดอกได้เช่นเดียวกับการรดน้ำ ส่วนการที่ในการทดลองที่ 4 พบว่าต้นควบคุมมีการออกดอกมากกว่าทรีตเมนต์อื่น ส่วนหนึ่งเป็นเพราะต้นค่อนข้างมีขนาดใหญ่กว่าต้นในทรีตเมนต์อื่น จึงมีความพร้อมในการออกดอกมากกว่า ซึ่งแม้การทดลองนี้จะพยายามเลือกต้นส้มโอให้มีขนาดใกล้เคียงกันแต่ก็ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากก่อนทำการทดลองต้นส้มโอในแปลงนี้ไม่ได้มีการดูแลมากนัก ทำให้เห็นผลของการใช้สารพาโคลบิวทราโซลยังไม่ชัดเจน แต่พบว่าในต้นที่มีการให้สารจะมีการออกดอกก่อนต้นควบคุม คือส่วนใหญ่จะออกดอกก่อนเดือนกรกฎาคม ในขณะที่ต้นควบคุมนั้นจะออกดอกมากในช่วงเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นส้มโอมีการออกดอกมากเป็นปกติอยู่แล้ว

จากผลการทดลองครั้งนี้ทำให้เห็นว่า การใช้สารพาโคลบิวทราโซลสามารถกระตุ้นการออกดอกได้ดีในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และได้เป็นบางส่วนในส้มโอพันธุ์ทองดี แม้ในต้นส้มโอที่ยังไม่ให้ผลผลิต โดยในเบื้องต้นนี้การให้สารความเข้มข้น 5 กรัม ขึ้นไปจะให้ผลค่อนข้างดี แม้ว่าข้อจำกัดของการทดลองนี้คือต้นส้มโอที่ใช้ในการทดลองมีอายุน้อยยังไม่อยู่ในช่วงที่ให้ผลผลิต แต่ก็ยังสามารถออกดอกได้ ซึ่งนับว่าเป็นการออกดอกที่เร็วกว่าปกติ เพราะปกติต้นส้มโอจะเริ่มออกดอกติดผลเมื่ออายุเกือบ 5 ปี แต่ในการทดลองนี้ต้นส้มโอเพิ่งมีอายุเพียง 2 ปี ก็สามารถออกดอกได้หากมีการบังคับ ดังนั้นหากสามารถทดสอบกับต้นส้มโอต้นใหญ่ที่ให้ผลผลิตแล้ว น่าจะได้ผลดีกว่านี้ แต่ความเข้มข้นของสารที่ใช้ อาจจะต้องเพิ่มขึ้นตามขนาดต้น และโดยภาพรวมจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้สารพาโคลบิวทราโซลทำให้ต้นส้มโอออกดอกได้เทียบเท่าหรือดีกว่าการกักน้ำ ซึ่งการให้

สารจะไม่ทำให้ต้นส้มโอเกิดสภาพเครียดเพราะการขาดน้ำเช่นวิธีการกักน้ำ จึงอาจเป็นผลดีในระยะยาวต่อความสมบูรณ์และอายุการให้ผลผลิตของต้นส้มโอ โดยอาจทำให้ต้นส้มโอมีอายุการให้ผลผลิตที่นานกว่ากว่าการกักน้ำเพราะต้นไม่เกิดความเครียด

นอกจากนี้ประสิทธิภาพของสารพาโคลบิวทราโซลในการชักนำให้ต้นส้มโอออกดอกยังขึ้นอยู่พันธุ์ โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งตอบสนองต่อสารได้ดีกว่าพันธุ์ทองดี จึงมีแนวโน้มที่จะใช้สารพาโคลบิวทราโซลเพื่อบังคับการออกดอกในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในลักษณะเป็นการค้าให้เป็นรุ่นตามต้องการได้โดยเฉพาะเพื่อการส่งออก เนื่องจากพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีลักษณะการออกดอกเกือบตลอดทั้งปีไม่เป็นรุ่นชัดเจนหากไม่ทำการงดน้ำในช่วงแล้ง ส่วนในพันธุ์ทองดีซึ่งเป็นพันธุ์หลักที่ส่งออก หากยังต้องการให้ออกดอกและให้ผลผลิตในช่วงอื่น นอกเหนือจากที่ทำการงดน้ำในปัจจุบัน ก็อาจจะต้องทำการทดลองเพิ่มเติมในเรื่องการใช้สารพาโคลบิวทราโซลเพื่อให้สามารถบังคับการออกผลได้ตามต้องการ

การทดลองนี้ยังได้ทดลองให้ปุ๋ยยูเรียกับต้นส้มโอรวมกับการกักน้ำ โดยมีแนวคิดว่าการให้นโตรเจนเพิ่มน่าจะไปขัดขวางทำให้การกักน้ำเพื่อออกดอกไม่ได้ผล เนื่องจากมีรายงานว่าหากพืชมีปริมาณไนโตรเจนมากเกินไปจะยับยั้งการออกดอก แต่ปรากฏว่าต้นส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียกลับสามารถออกดอกได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะปริมาณปุ๋ยยูเรียที่ให้ (10 กรัม/ต้น) อาจไม่ได้มากจนทำให้ระดับ C/N ต่ำจนไม่ออกดอก แต่อาจเป็นปริมาณที่พอดีจึงทำให้ต้นส้มโอยังสามารถออกดอกได้ (Davies and Albrigo, 1994; Menino *et al.*, 2003) และที่น่าสังเกตคือต้นที่ได้รับปุ๋ยยูเรียจะมีการออกดอกเร็วกว่าทรีตเมนต์อื่น เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของส่วนต่างๆของพืชรวมทั้งส่วนของช่อดอก ดังนั้นหากต้นส้มโอมีปริมาณธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสมในช่วงออกดอก ก็น่าจะยิ่งทำให้การออกดอกของส้มโอดียิ่งขึ้น

จากผลการทดลองยังพบว่าการให้สารพาโคลบิวทราโซลสามารถกระตุ้นให้ต้นส้มโอออกดอกได้ โดยไม่มีผลเด่นชัดในการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC และ C/N ratio ดังนั้นสำหรับส้มโอ TNC C/N ratio อาจไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ควบคุมการออกดอกของส้มโอโดยตรง โดยเฉพาะในการทดลองที่ 1 จะพบว่าปริมาณ TNC ในส้มโอพันธุ์ทองดีไม่แตกต่างจากพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง แต่ไม่พบการออกดอกเลย แต่ TNC อาจเป็นปัจจัยร่วม โดย TNC และ C/N ratio ในระดับที่เหมาะสมเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้สำหรับการออกดอก (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996) เช่นเดียวกับที่ Lovatt *et al.* (1988) กล่าวว่าปริมาณแป้งและแอมโมเนียม อาจไม่มีผลต่อการออกดอกโดยตรง แต่อาจถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารต่างๆ ในกระบวนการเมแทบอลิซึม ผ่านการแสดงออกของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดดอก

สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองกักน้ำและให้สารพาโคลบิวทราโซลแก่ต้นส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้งอายุ 3-4 ปี ในภาชนะและสภาพแปลงปลูก ได้ผลดังนี้

1. การให้สารพาโคลบิวทราโซลด้วยวิธีการรดลงดินหรือพ่นทางใบทำให้ต้นส้มโอทั้งพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้งมีความยาวยอดน้อยกว่าต้นที่ไม่ให้สาร และต้นส้มโอที่ให้สารทั้งสองวิธีมีความยาวยอดใกล้เคียงกัน
2. ลักษณะของช่อดอกส่วนใหญ่ที่พบเป็นแบบหนึ่งช่อมีหลายดอกและหลายใบรวมทั้งหนึ่งช่อมีหลายดอกแต่ไม่มีใบ โดยแต่ละช่อมีดอกประมาณ 6-8 ดอก
3. การให้สารพาโคลบิวทราโซลทำให้ส้มโอมีการออกดอกได้ใกล้เคียงการรดน้ำ โดยในพันธุ์ชาวน้ำผึ้งมีการออกดอกดีกว่าพันธุ์ทองดี
4. วิธีการรดน้ำและการให้สารพาโคลบิวทราโซลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดการรดน้ำ ขณะที่คาร์โบไฮเดรตในต้นควบคุมพบว่าไม่เปลี่ยนแปลง ขณะที่ไนโตรเจนไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณา กฤษณพุกต์ และ วชิรญา อิมสบาย.2551. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรต และการออกดอกของส้มโอพันธุ์ทองดีและชาวน้ำผึ้ง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 65 น.
- เกษม พริกคง.2548. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตในยอด อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การออกดอกและการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- จุฑามาศ อ่อนวิมล. 2547. สวนส้ม. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, กรุงเทพฯ.
- ณัฐทิศา พิมพ์ประไพ. 2550. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกของส้มโชกุน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และ สุรเดช จินตกานนท์. 2532. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ทัศนพันธุ์ กุศลสถิตย์. 2545. ผลของสภาวะเครียดน้ำต่อกระบวนการสรีรวิทยาและการออกดอกของส้มเขียวหวานพันธุ์โชกุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ณรงค์ โคมเจลา. 2530. ส้มโอไม้เจ้าปัญหา. วารสารสมาคมพืชสวน 2(1):86-94.

- นฤมล มานีพพาน.2548. การปลูกและขยายพันธุ์ส้มโอ. สำนักพิมพ์ส่งเสริมอาชีพธุรกิจ เพชรกะรัต, กรุงเทพฯ.
- นิรนาม, 2549. “ส้มโอทองดี” นครชัยศรี อนาคตที่อาจเหลือไว้เพียงแค่ความทรงจำ. วารสาร เมืองไม่ผล ปีที่ 6 ฉบับที่ 63 หน้า 97-107.
- บุญแสง จินตามณีโรจน์ และ นิทยา อักษรเนียม. 2545. โอภาส เกษตรสวนเพชร ครุฑหมพู่แห่งดำเนินสะดวก. เคหการเกษตร 26 (12): 69-76.
- เปรมปรี ฌ สงขลา. 2532. สวนส้มอย่างมืออาชีพ. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 180 น.
- เปรมปรี ฌ สงขลา.2542. การลงทุนทำสวนส้มพุ่มอย่างมืออาชีพ. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- พรพันธุ์ กิตินันท์ปกร. 2530. ผลของการกักน้ำและ daminozide ต่อการออกดอกและการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรต ในโตรเจนในกิ่งใบและกิ่งยอดของส้มเขียวหวาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ผดุงพงศ์ เสริญไธสง. 2545. การศึกษาสภาพความเครียดน้ำต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของส้มเปลือกอ่อนพันธุ์โชกุน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว. 2545. การเติบโตและพัฒนาการของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและลักษณะสำคัญของผลพันธุ์อื่นๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- รัตนา ถาวร. 2548. ผลของความเครียดน้ำและอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่ออัตราส่วนคาร์บอนกับไนโตรเจนและการออกดอกของส้มเปลือกอ่อนพันธุ์โชกุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รวี เสฐฐักดี. 2523. เอกสารประกอบการสอนวิชาพืชสวน 542. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ180.
- รวี เสฐฐักดี. 2523. ไม้ผลทางอุตสาหกรรม 2 (ส้ม). ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รวี เสฐฐักดี. 2545. ส่วนต่างๆและการจำแนกประเภทของส้ม. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร “วิทยาการส้ม : ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต” รุ่น 6. ระหว่างวันที่ 24-28 มิถุนายน 2545.
- ศศิณัฐ ชัยวงษ์. 2548. ผลของแพคโคลิบิวทราโซลต่อการออกดอกนอกฤดูของมะนาวพันธุ์แป้น. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- สมพร คุณเจริญไพศาล. 2524. การเจริญของผล ระดับสารยั้งการเจริญเติบโตและคาร์โบไฮเดรต ในระยะต่างๆ ของการเจริญของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์ หนึ่งกลางวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สุมาลี สุวรรณบุตร วสันต์ ผ่องสมบุรณ์ และ พินิจ เขียวพุ่มพวง. 2541. ศึกษาเบื้องต้นของความ ต้องการน้ำของส้มโอต่อการให้ผลผลิต, น. 116-123. ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2541. ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตรและสถานีวิจัยเครือข่าย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สัจจา บรรจงศิริ. 2533. ผลของการควั่นกิ่งและการใช้ paclobutrazol ที่มีต่อการออกดอกของมะนาว พันธุ์แป้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. 2541. ส้มโอ. เอกสารวิชาการที่ 21, กรุงเทพฯ. 88 น.
- สมพร เกตุพงศ์. 2534. คุณภาพของส้มเขียวหวานจากแหล่งปลูกต่างๆ. วิทยาศาสตร์ (วิทยุ)22:279-283.
- สมพร คุเจริญไพศาล. 2524. การเจริญของผล ระดับสารยับยั้งการเจริญเติบโตและคาร์โบไฮเดรต ใน ระยะต่างๆ ของการเจริญของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์หนึ่งกลางวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุมาลี สุวรรณบุตร วสันต์ ผ่องสมบุรณ์ และ พินิจ เขียวพุ่มพวง. 2541. ศึกษาเบื้องต้นของความ ต้องการน้ำของส้มโอต่อการให้ผลผลิต, น. 116-123. ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2541. ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตรและสถานีวิจัยเครือข่าย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา ภู่วโรดม. 2545. การจัดการธาตุอาหารทุเรียน, 245-260. ใน ดิเรก ทองอร่าม. เอกสาร ประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ยเพื่อการทำสวนเชิงธุรกิจ. สำนักงาน กองทุนสนับสนุนการวิจัย (ส.ก.ว.), กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา ภู่วโรดม, พรทิศา กัญยวงศ์หา และ นุจรี บุญแปลง. 2547. การกำหนดค่ามาตรฐานธาตุ อาหารไนโบสำหรับมังคุด. ว. วิทย. กษ. 35 (3-4):87-95.
- สัจจา บรรจงศิริ. 2533. ผลของการควั่นกิ่งและการใช้สาร paclobutrazol ที่มีต่อการออกดอกของ มะนาวพันธุ์แป้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณพงศ์ ทองปลิว. 2534. อิทธิพลของการช่วยผสมเกสรที่มีต่อการติดผลและลักษณะผลส้มโอ 4 พันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อำนาจ สิงห์มกล. 2541. อิทธิพลของสารแพคโคบิวทราโซลต่อการออกดอกและผลผลิตของมะนาว พันธุ์แป้น: เมื่อปลิดผลบนต้นออกก่อนการให้สาร. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- Bustan, A., Y. Erner and E.E. Goldschmidt. 1988. Carbohydrate supply and demand during fruit development in relation to productivity of grapefruit and 'Murcott' mandarin. Acta Hort.416:81-88.

- Davenport, T.L. 1990. Citrus flowering. Hort. Rev.12:349-408.
- Davenport, T.L. and R. Nunez-Elisea. 1997. Reproductive physiology, pp.97-107.
- Davies, F.S. and L.G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International, Trowbridge, Wiltshire.
- Davies, F.S. and Davenport, T.L. 1990. Citrus flowering. Hort. Rev. 12:349-408.
- Flore, J..A. and D.R. Layne. 1999. Photoassimilate Production and Distribution in Cherry. HortScience 34:1015-1018.
- Garcia-Luis, A., M. Kanduser, P. Santamarina and J.L. Guardiola. 1992. Temperature influence on flowering in citrus, the separation of inductive and bud dormancy releasing effects. Physiol. Plant. 86: 648-652.
- Gibson, S.I.2005. Control of plant development and gene expression by sugar signaling. Plant Biology 8:93-102.
- Goldschmidh, E.E. 1999. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. HortScience 34: 1020-1024.
- Goldschmidh, E.E. and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternative bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. J. Amer. Soc.Hort.Sci. 107:206-208.
- Goldschmidh, E.E., N. Aschkenazi, Y. Hersano, A.A. Schffer and S.P. Monselise. 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citrus. Scientia Hort. 26:159-166.
- Harty, A.R. and J. van Staden.1988. The use of growth retardants in citriculture. J. Botany 37: 155-164.
- Henry, M.J. 1985. Plant growth regulating activity of sterol and geibberellin biosynthesis inhibitor. Plant Growth Reg. Bull. 13(2):9-12.
- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates. pp. 380-394. *In* R.L. Whistle and M.L. Wolform (eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol. 2. Academic Press, New York.
- Hodgson, R.W. 1967. Horticultural varieties of citrus, pp. 431-591. *In* W. Reuther, L.D. Batchelor and H.J. Webber (eds.). The Citrus Industry. Vol. I Div. of Agric. Sci., Univ. of Cal., Berkeley, California.

- Ito, A., H. Hayama and Y. Kashimura. 2004. Possible roles of sugar concentration and its metabolism in the regulation of flower bud formation in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia*). *Acta Hort.* 636: 365-373.
- Iwahori, S. and S. Tominaga. 1986. Increase in first-flush flowering of 'Meiwa' kumquat, *Fortunella crassifolia* Swingle, trees by paclobutrazol. *Scientia Horticulturae* 28:347-353.
- Janick, J. 1986. *Horticultural Science*. 4th ed., W.H. Freeman Inc., New York. 746 p.
- Lea-Cox, J.D. and J.P. Syvertsen. 1995. Nitrogen uptake by citrus leaves. *J. Amer.Soc.Hort.Sci.* 120:505-509.
- Lovatt, C.J., Y. Zheng and K.D. Hake. 1988. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in citrus. *Israel J. Bot.* 37:181-188.
- Martin, G.C., F. Yoshikawa and J.H. Larue. 1987. Effect of soil application of paclobutrazol on vegetative growth, pruning time, flowering, yield and quality of 'Flavorcrest' peach. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.* 112 (6): 951-921.
- Martinez-Fuentes, A., C. Mesejo, M. Juan, V. Almela and M. Agusti. 2004. Restrictions on exogenous control of flowering in citrus. *Acta Hort.* 632:91-98.
- Menino, M.R., C. Carranca, A. Varennes, V.V. Almeida and J. Baeta. 2003. Tree size and flowering intensity as affected by nitrogen fertilization in non-bearing orange tree grown under Mediterranean conditions. *J. Plant Physiol.* 160: 1435-1440.
- Moss, G.I. 1969. Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *J.Hort.Sci.* 44:311-320.
- Nir, I., R. Gordon and B. Leshem. 1972. Effect of water stress, gibberellic acid and 2-chloroethyltrimethylammoniumchloride (CCC) on flower differentiation in Eureka lemon trees. *J. Amer.Soc.Hort.Sci.* 97:774-778.
- Phavaputanon, L., K. Krisanapook, K. Jutamanee and A. Pichakum. 2000. Changes of total non-structural carbohydrates within shoots of 'Nam Dok Mai' mango after paclobutrazol application. *Acta Hort.* 509:559-565.
- Ryugo, K. 1988. *Fruit Culture: It Science and Art*. John Wiley & Sons, New York. 344 p.
- Smith, D., G.M. Paulsen and C.A. Raguse. 1964. Extraction to total available carbohydrates from grass and legume tissues. *Plant Physiol.* 39:960-962.

- Southwick, S.M. and T.L. Davenport. 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. *Plant Physiol.* 81:26-29.
- Spiegel-Roy, P. and E.E. Goldschmidt. 1996. *Biology of Citrus*. Cambridge Univ. Press.
- Sterrett, J.P. 1985. Paclobutrazol: A promising growth inhibitor for injection into woody plants. *J. Amer.Soc.Hort.Sci.* 110: 4-8.
- Tripathi, K. M. and D.D. Dhakal.2005. Effect of paclobutrazol on off-season flower induction in acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) landraces under Chitwan condition. *J.Instan.Agric. Anim.Sci.* 26:87-92.
- Tromp, J. 1987. Growth and flower bud formation in apple is affected by paclobutrazol, daminozide and tree orientation in combination with various gibberellins. *J. Hort.Sci.* 18: 212-214.
- Yeshitela, T., R.J. Robbertse and P.J.C. Stassen. 2004. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 32:281-293.
- Sivak, M.N., R.C. Leegood and D.A. Walker. 1989. Control of Carbohydrate metabolism.pp.24-26. *In* D.A. Baker and J.A. Milburn (eds.) *Transport of Photoassimilates*. John-Wiley & Sons, Inc.,New York.
- Southwick, S.M. and T.L. Davenport, 1987. Modification of the water stress-induced floral response in 'Tahiti' lime. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.* 112:231-236.
- Spiegel-Roy, P. and E.E. Goldschmidt. 2008. *Biology of Citrus*. Cambridge Univ. Press.
- Harty, A.R. and J. van Staden.1988. The use of growth retardants in citriculture. *J. Botany* 37: 155-164.
- Henry, M.J. 1985. Plant growth regulating activity of sterol and geibberellin biosynthesis inhibitor. *Plant Growth Reg. Bull.* 13(2):9-12.
- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates. pp. 380-394. *In* R.L. Whistle and M.L. Wolform (eds.). *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Vol. 2. Academic Press, New York.
- Iwahori, S. and S. Tominaga. 1986. Increase in first-flush flowering of 'Meiwa' kumquat, *Fortunella crassifolia* swingle, trees by paclobutrazol. *Scientia Horticulturae* 28:347-353.

- Martin, G.C., F. Yoshikawa and J.H. Larue.1987. Effect of soil application of paclobutrazol on vegetative growth, pruning time, flowering, yield and quality of 'Flavorcrest' peach. J. Amer. Soc. Hort.Sci. 112 (6): 951-921.
- Phavaputanon, L., K. Krisanapook , K. Jutamanee and A. Pichakum. 2000. Changes of total non-structural carbohydrates within shoots of 'Nam Dok Mai' mango after paclobutrazol application. Acta Hort. 509:559-565.
- Smith, D., G.M. Paulsen and C.A. Raguse. 1964. Extraction to total available carbohydrates from grass and legume tissues. Plant Physiol. 39:960-962
- Sterrett, J.P. 1985. Paclobutrazol: A promising growth inhibitor for injection into woody plants. J. Amer.Soc.Hort.Sci. 110: 4-8.
- Tripathi, K. M. and D.D. Dhakal.2005. Effect of paclobutrazol on off-season flower induction inacid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) landraces under Chitwan condition. J.Instan.Agric. Anim.Sci. 26:87-92.
- Tromp, J. 1987. Growth and flower bud formation in apple is affected by paclobutrazol, daminozide and tree orientation in combination with various gibberellins. J.Hort.Sci.18:212-214.
- Yeshitela, T., R.J. Robbertse and P.J.C. Stassen. 2004. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 32:281-293.