ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน | พืชสวน

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างอายุผล ระดับไนโตรเจนในผลกับอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

Relationship between Fruit Age, Fruit Nitrogen Level and Granulation Incidence of 'Thong Dee', 'Khao Nam Phueng' and 'Khao Yai' Pummelo

นามผู้วิจัย นายโสพส ธรรมรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลพ ภวภูตานนท์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์กฤษณา กฤษณพุกต์, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์กฤษณา กฤษณพุกต์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ความสัมพันธ์ระหว่างอายุผล ระดับไนโตรเจนในผลกับอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

Relationship between Fruit Age, Fruit Nitrogen Level and Granulation Incidence of 'Thong Dee', 'Khao Nam Phueng' and 'Khao Yai' Pummelo

โดย

นายโสพัส ธรรมรัตน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โสฬส ธรรมรัตน์ 2555: ความสัมพันธ์ระหว่างอายุผล ระดับไนโตรเจนในผลกับอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลพ ภวภูตานนท์, Ph.D. 104 หน้า

อาการเนื้อข้าวสารเป็นความผิดปกติทางสรีรวิทยาของเนื้อส้มโอ มีสมมติฐานว่าผลที่เก็บเกี่ยวเลยอายุที่เหมาะสม และผลที่ได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะเกิดอาการเนื้อข้าวสารเพิ่มขึ้น จึงได้ศึกษาการเกิดอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอพันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ขาวใหญ่ที่ 3 ช่วงอายุการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน พบว่า อาการเนื้อข้าวสารส่วนใหญ่เกิดบริเวณขั้วผลร่วมกับบริเวณสันกลีบ และส่วนน้อยบริเวณก้นผล กรณีที่อาการรุนแรงสามารถพบอาการได้ทั้งกลีบ จำนวนผลที่แสดงอาการและความรุนแรงของอาการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้นในส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ ซึ่งพบอาการได้ตั้งแต่ก่อนอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีจำนวนผลที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการมากกว่าพันธุ์ทองดีจากสวนเดียวกัน ส่วนพันธุ์ขาวใหญ่ที่เก็บเกี่ยวในเดือนมกราคมและเดือนเมษายนมีจำนวนผลที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการไม่แตกต่างกัน โดยอาการเนื้อข้าวสารที่พบในพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและพันธุ์ขาวใหญ่ ชัดเจนมากกว่าในพันธุ์ทองดี พบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพผลบางประการกับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร ผลที่มีทรงสูง ขนาดใหญ่ และน้ำหนักผลมากมีแนวโน้มเกิดอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงกว่าผลปกติ ผลส้มโอที่ได้รับไนโตรเจนในรูปยูเรียเพิ่มขณะผลกำลังพัฒนาจนถึงระยะบริบูรณ์ พบว่า มีเปลือกหนาขึ้น มีการสะสมไนโตรเจนในส่วนเนื้อ เปลือก และใบใกล้ผลเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์ดินในสวนส้มโอที่ทำการทดลองในจังหวัดนครปฐม 2 สวน และในจังหวัดสมุทรสงคราม 1 สวน ซึ่งมีการจัดการดี พบว่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับธาตุอาหารในดินกับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอทั้ง 3 พันธุ์

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soros Thammarat 2012: Relationship between Fruit Age, Fruit Nitrogen Level and Granulation Incidence of 'Thong Dee', 'Khao Nam Phueng' and 'Khao Yai' Pummelo. Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Assistant Professor Lop Phavaphutanon, Ph.D. 104 pages.

Granulation is a physiological disorder of pummelo pulp. Late harvesting beyond the optimum stage and excess nitrogen (N) fertilization tend to increase granulation incidence in pummelo fruit. To test this hypothesis, we compared granulation in 'Thong Dee', 'Khao Nam Phueng' and 'Khao Yai' pummelo fruit at 3 harvesting stages; 1) one month early harvesting, 2) harvesting at optimum stage and 3) one month delay harvesting. The results showed that granulated juice sacs were mostly found at the stem end and fewer at the stylar end. In severe cases, granulation was found in all segments. Number of fruit with granulation and degree of granulation increased with fruit age in all 3 cultivars and the incidence was found even at one month early harvesting. 'Khao Nam Phueng' had more number of fruit with granulation and higher degree of granulation than 'Thong Dee' from the same orchards. For 'Khao Yai', number of fruit with granulation and degree of granulation were not different between fruit harvested in January and April. Degree of granulation in 'Khao Nam Phueng' and 'Khao Yai' were severer than 'Thong Dee'. Granulation tended to increase in large and heavy fruit with tall shape compared to the normal size ones. Additional N fertilization as urea during fruit development through maturity increased peel thickness and N concentration in peel, pulp and leaves near fruit. Positive correlation was found between degree of granulation and increased fruit tissue N concentration. Soil analysis of 2 well managed orchards in Nakhon Pathom and 1 orchard in Samutsongkhram province in this study revealed that soil had high fertility. There was poor correlation between soil nutrient concentrations and degree of granulation in 3 pummelo cultivars.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลพ ภวภูตานนท์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา กฤษณพุกต์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยสิทธิ์ ทองจู กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง อ.ดร.ภาสันต์ ศารทูลทัต ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์นาถ นาถวรานันต์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาพืชสวนทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบคุณภาควิชาพืชสวนที่อนุเคราะห์สถานที่ รวมทั้งเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ขอขอบคุณ คุณสมศักดิ์ เลิศสำราญ คุณอุดม เลิศสำราญ คุณเอมอร เลิศสำราญ และคุณถนอมจิต บุตรราช เจ้าของสวนส้มโอ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้และขอขอบคุณเจ้าของตำรา บทความ และผลงานวิจัยต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าได้นำมาอ้างอิงไว้ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ อันก่อให้เกิดประโยชน์ในการศึกษา การทำวิจัย และการทำวิทยานิพนธ์แก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ เจ้าหน้าที่ภาควิชาพืชสวนทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา ให้การช่วยเหลือ เป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าด้วยดีมาตลอด และขอบคุณนายนพพร จรูญชนม์ ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ และครอบครัวญาติพี่น้องที่คอยเป็นกำลังใจ ให้การส่งเสริมสนับสนุน ให้โอกาส และทุนในการศึกษาแก่ข้าพเจ้าจนมีโอกาสศึกษาต่อในระดับปริญญาโทจนสำเร็จการศึกษา สุดท้ายนี้ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ครอบครัวและคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และจริยธรรมอันดีงามแก่ข้าพเจ้า ท้ายที่สุดนี้หากมีข้อผิดพลาดประการใดในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

โสฬส ธรรมรัตน์

เมษายน 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	15
ผลการทดลองและวิจารณ์	22
ผลการทดลอง	22
วิจารณ์	86
สรุป	94
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	96
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	104

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่า pH สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน จากสวนส้มโอ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม	25
2	การเกิดอาการเนื้อข้าวสาร (%) และความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร (%) ของส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณอุดม และสวนคุณสมศักดิ์	28
3	ความแน่นเนื้อของกุ้งส้มปกติและกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารทั้งกุ้งส้ม ขนาดยาวและสั้นของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะ เก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณอุดม	31
4	ความแน่นเนื้อของกุ้งส้มปกติและกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารทั้งกุ้งส้ม ขนาดยาวและสั้นของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะ เก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณสมศักดิ์	32
5	ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักผล สัดส่วนของเปลือก (%) และเนื้อ (%) โดยน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณอุดม	34
6	ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักผล สัดส่วนของเปลือก (%) และเนื้อ (%) โดยน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณสมศักดิ์	35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
7	สีเปลือก และความหนาของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณอุดม	37
8	สีเปลือก และความหนาของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณสมศักดิ์	38
9	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดซิตริก (TA) และ TSS/TAของส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณคุณอุดม	40
10	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดซิตริก (TA) และ TSS/TAของส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณสมศักดิ์	41
11	ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอ 2 พันธุ์จากผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงแตกต่างกัน จากสวนคุณอุดม	43
12	ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอ 2 พันธุ์จากผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงแตกต่างกัน จากสวนคุณสมศักดิ์	44
13	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารกับระดับของธาตุต่างๆ ในเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง จาก 2 สวน	46
14	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะกายภาพต่างๆ ของผลส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง จาก 2 สวน	48

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ค่า pH สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ของสวนส้มโอ ที่อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม	51
16	การเกิดอาการเนื้อข้าวสาร (%) และความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสาร (%) ของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมและรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน	53
17	ความแน่นเนื้อของกุ้งส้มปกติและกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสาร ทั้งกุ้งส้มขนาดยาวและสั้นของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมและรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน	56
18	ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักผล สัดส่วนของเปลือก (%) และเนื้อ (%) โดยน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคม และรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยวคือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน	58
19	สีเปลือก และความหนาของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมและรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน	60
20	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดซิตริก (TA) และ TSS/TA ของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมและรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยวคือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน	62

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมและเดือนเมษายนจากผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงแตกต่างกัน	64
22	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารกับระดับของธาตุต่างๆ ในเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ทั้ง 2 รุ่น	66
23	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะกายภาพต่างๆ ของผลส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ทั้ง 2 รุ่น	68
24	ค่า pH สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ของดินจากสวนส้มโอ ที่อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม	70
25	การเกิดอาการเนื้อข้าวสาร (%) และความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร (%) ของส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย	72
26	ความแน่นเนื้อของกุ้งส้มปกติและกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสาร ทั้งกุ้งส้มขนาดยาวและสั้นของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย	73
27	ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักผล สัดส่วนของเปลือก (%) และเนื้อ (%) โดยน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย	75
28	สีเปลือก และความหนาของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย	77
29	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดซิตริก (TA) และ TSS/TA ของผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย	79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
30	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (%) ในส่วน เนื้อ เปลือก และใบ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความเข้มข้นของไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของผลกับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย	81
31	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะกายภาพต่างๆ ของผลส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย	83
32	ค่าความเขียวใบ (SPAD reading) ของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรียตั้งแต่อายุผลประมาณ 4 ถึง 8 เดือน วัดจากใบที่อยู่ติดกับผลส้มโอ	85

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ตำแหน่งผลส้มโอ ที่พบอาการเนื้อข้าวสาร	29
2	ระดับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารในผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง	29
3	ลักษณะกุ้งส้มที่แสดงลักษณะอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง	30
4	ระดับความรุนแรง และลักษณะกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่างอายุผล ระดับไนโตรเจนในผลกับอาการเนื้อข้าวสาร ของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

Relationship between Fruit Age, Fruit Nitrogen Level and Granulation Incidence of 'Thong Dee', 'Khao Nam Phueng' and 'Khao Yai' Pummelo

คำนำ

ส้มโอจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีรสชาติเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ อีกทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีวิตามินซีและเอสูง ส้มโอสามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี ส่วนของเปลือกที่หนาช่วยให้เก็บรักษาได้นานประมาณ 3 ถึง 4 สัปดาห์ และการขนย้ายทำได้สะดวก (สมคิด, 2548) นอกจากนี้เปลือกส้มโอสามารถนำไปแปรรูปได้ เช่น แยมผิวเปลือกส้ม เปลือกส้มโอเชื่อมแห้ง เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกส้มโอมากถึง 198,619 ไร่ ผลิตส้มโอได้ประมาณ 294,949 ตันต่อปี สามารถส่งออกส้มโอจำหน่ายตลาดต่างประเทศ จำนวน 12,000 ตัน มูลค่าประมาณ 130 ล้านบาท มูลค่าการส่งออกส้มโอมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้น ตลาดต่างประเทศที่สำคัญ ได้แก่ ฮ่องกง จีน และลาว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ส้มโอที่ส่งออกและเป็นที่นิยมของตลาดต่างประเทศมีอยู่ 2 พันธุ์ คือ ทองดี และขาวน้ำผึ้ง (กรมวิชาการเกษตร, 2552) สำหรับส้มโอที่ใช้บริโภคภายในประเทศนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ พันธุ์การค้าหลัก ได้แก่ ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่ พันธุ์การค้าเฉพาะแห่ง ได้แก่ ปัตตาเวีย ขาวแตงกวา ขาวแก้วกรุ่น และท่าข่อย ซึ่งมีราคาสูงในช่วงเทศกาลตรุษจีนและเทศกาลไหว้พระจันทร์ (เปรมปรี, 2544)

ผลส้มโอคุณภาพดีที่จำหน่ายสู่ตลาดต่างประเทศคิดเป็นเพียงร้อยละ 4 ของผลผลิตส้มโอทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ผลส้มโอที่เปลือกผลมีตำหนิจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค แมลง และคุณภาพผลยังไม่ดีพอไม่สามารถส่งออกได้ ลักษณะด้อยคุณภาพของส้มโอได้แก่ เนื้อมีรสเปรี้ยว ขม ซ่า และอาการเนื้อข้าวสาร (granulation) ซึ่งอาการเนื้อข้าวสาร เป็นความผิดปกติของเนื้อส้มที่กุ้งส้มหรือถุงน้ำหวาน (vesicle or juice sac) มีลักษณะ เป็น เจล (jell) หรือขาว ขุ่น แข็งแห้ง และรสจืด ส่วนใหญ่พบอาการบริเวณขั้วผล และพบอาการบ้างบริเวณก้นผล หรือพบทั้งสองบริเวณในผลเดียวกัน แต่ในกรณีที่แสดงอาการรุนแรงจะพบอาการทั้งกลีบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(จุฑามาศ, 2547; Agusti *et al*., 2004) ซึ่งสังเกตจากลักษณะภายนอกผลได้ยาก ปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานหรือรายงานงานวิจัยใดที่มีข้อสรุปสาเหตุของการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโออย่างแน่ชัด แต่ชาวสวนเชื่อว่าผลส้มโอที่เก็บเกี่ยวเลยอายุที่เหมาะสม และผลที่เจริญเติบโตมากกว่าปกติเนื่องจากได้รับไนโตรเจนมากเกินความต้องการ มีแนวโน้มที่จะเกิดอาการเนื้อข้าวสาร ผลส้มโอพันธุ์ทองดีที่มีเปลือกหนา ขรุขระ ลักษณะผลทรงสูงและมีขนาดใหญ่ มีระดับไนโตรเจนในผลมากกว่าปกติ มีแนวโน้มเกิดอาการเนื้อข้าวสารเพิ่มขึ้น (ลพ และคณะ, 2551) และจากข้อสังเกตของผู้ค้าปลีกส้มโอ พบว่า ผลผลิตส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่ ที่ได้จากที่ราบลุ่มแม่น้ำนครชัยศรี และแม่น้ำแม่กลอง จะพบอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการน้อยกว่าจากแหล่งผลิตอื่น อาจเป็นไปได้ว่าสมบัติของดิน และธาตุอาหารในดินบริเวณนี้มีความแตกต่างจากดินในแหล่งปลูกอื่น และยังมีข้อสังเกตว่าส้มโอพันธุ์ที่มีเนื้อสีขาว เช่น ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่ เกิดอาการเนื้อข้าวสารง่ายกว่าและรุนแรงกว่าในส้มโอพันธุ์ที่มีเนื้อสีชมพู เช่น ทองดี สำหรับส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่มีรายงานว่า ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวช่วงเดือนมกราคมมีคุณภาพด้อยกว่าและพบอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าผลผลิตที่เก็บเกี่ยวช่วงเดือนเมษายน (สุขะวัฒน์ และ ลพ, 2554)

ในการศึกษาอาการเนื้อข้าวสารในส้มที่ผ่านมา ใช้การประเมินทางสายตาแล้วให้คะแนนความรุนแรงของอาการเป็นเปอร์เซ็นต์ (Sharma and Saxena, 2004; Sharma *et al*., 2006) ซึ่งวิธีดังกล่าวมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถแยกกุ้งส้มที่เป็นเจล (jell) แข็ง แห้งแต่ใสที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารไม่ชัดเจนออกจากเนื้อส้มปกติได้ และไม่สามารถประเมินอาการของกุ้งส้มที่อยู่ด้านในของกลีบได้ทำให้ค่าที่ประเมินด้วยสายตานั้นต่ำกว่าความเป็นจริง ในการทดลองนี้ได้ทำการวัดความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารด้วยการแยกกุ้งส้มออกจากกัน แล้วประเมินอาการโดยใช้สายตาและมือสัมผัส โดยชั่งน้ำหนักสดเนื้อที่เป็นข้าวสารเทียบกับน้ำหนักสดเนื้อทั้งผล เพื่อหาความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารเป็นเปอร์เซ็นต์อย่างแท้จริง

จากข้อสังเกตของชาวสวนและผู้ค้าส้มโอ และรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงมีสมมติฐานว่าผลส้มโอที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างกันจะแสดงอาการเนื้อข้าวสารต่างกัน ผลส้มโอพันธุ์เนื้อสีชมพู (พันธุ์ทองดี) และพันธุ์เนื้อสีขาว (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง) ที่ปลูกในสภาพเดียวกันเกิดอาการเนื้อข้าวสารแตกต่างกัน และผลส้มโอที่ชักนำให้เติบโตมากกว่าปกติโดยการให้ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มจะเกิดอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าผลส้มโอที่เติบโตตามปกติ เพื่อทดสอบสมมติฐานนี้ จึงจัดการศึกษาเป็น 2 การทดลองดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของผลส้มโอที่เก็บเกี่ยวที่อายุผลต่างกัน 3 ระยะ คือ ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และหลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน โดยเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ทองดี (เนื้อสีชมพู) กับพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (เนื้อสีขาว) จากสวนเดียวกันในจังหวัดนครปฐม สำหรับพันธุ์ขาวใหญ่เปรียบเทียบระหว่างผลส้มโอที่เก็บเกี่ยวเดือนมกราคมกับผลส้มโอที่เก็บเกี่ยวเดือนเมษายนจากสวนในจังหวัดสมุทรสงคราม

การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบระดับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของผลส้มโอปกติและผลส้มโอที่ชักนำให้เจริญเติบโตมากกว่าปกติโดยการพ่นปุ๋ยยูเรียความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ที่ผลส้มโอและใบในบริเวณใกล้เคียง ต่อเนื่องทุกเดือนในระหว่างผลกำลังพัฒนา เริ่มพ่นเมื่อผลอายุ 3 เดือน จนถึงระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ทดสอบกับส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งจากสวนเดียวกันซึ่งได้รับการจัดการธาตุอาหารเหมือนกัน

ทั้ง 2 การทดลองทำการตรวจวิเคราะห์สมบัติดินในสวนส้มโอ ลักษณะกายภาพและคุณภาพของผลส้มโอเพื่อศึกษาความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารที่เกิดขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

2. เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของผลกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

3. เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างระดับธาตุอาหารพืชในดินกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

4. เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนโตรเจนในผลกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ส้มโอ *Citrus grandis* (L.) Osbeck หรือ *Citrus maxima* (Burm.) Merrill อยู่ในวงศ์ Rutaceae มีชื่อสามัญหลายชื่อ เช่น pummelo, shaddock, pumpelmoes หรือ pumplemoose มีถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณแถบเอเชียอาคเนย์ แล้วจึงแพร่ไปยังอินเดีย จีน สหรัฐอเมริกา และทวีปยุโรป ประเทศไทยปลูกส้มโอมานานแล้ว และมีการพัฒนาสายพันธุ์ส้มโอขึ้นจนเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางของชาวยุโรปที่อาศัยในเอเชีย ว่าเป็นส้มโอที่มีรสชาติเหนือกว่าส้มโอด้วยกัน อีกทั้งเป็นแหล่งเชื้อพันธุกรรมส้มโอที่สำคัญของโลก (เปรมปรี, 2544; สมคิด, 2548)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มโอ

ส้มโอจากการเพาะเมล็ดรากส่วนใหญ่อยู่ต่ำกว่าระดับดิน 30 เซนติเมตร การกระจายของรากที่หาอาหารมาเลี้ยงต้นนั้นจะอยู่ในความลึก 0-120 เซนติเมตร คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ของรากทั้งหมด ส่วนรากที่ลึกกว่า 120 เซนติเมตรจะช่วยในการพยุงลำต้น ระบบรากของต้นส้มโอที่ปลูกในสภาพไร่ลึกกว่าที่ปลูกแบบยกร่อง เนื่องจากการปลูกแบบยกร่องนั้นรากถูกจำกัดด้วยระดับน้ำใต้ดินจากร่องปลูกซึ่งต่างกับการปลูกส้มโอสภาพไร่ที่ไม่มีระดับน้ำใต้ดินจำกัดขอบเขตการเดินของราก นอกจากนี้ การเจริญเติบโตของราก ถ้าแผ่ขยายกว้าง การเจริญเติบโตของทรงพุ่มเหนือพื้นดินก็จะแผ่ขยายออกด้านข้างมากเช่นกัน ซึ่งเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของรากนั้นสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของทรงพุ่มเหนือพื้นดิน

ส้มโอเป็นไม้ผลยืนต้นสูงประมาณ 6-10 เมตร ทรงต้นโปร่ง ลำต้นใหญ่ กิ่งใหญ่ รัศมีทรงต้นประมาณ 3-4 เมตร กิ่งอ่อนปกคลุมด้วยขนสั้นๆ บางครั้งมีหนามตามลำต้นขนาดความยาว 1-5 เซนติเมตร ใบ มีลักษณะเป็นรูปไข่หรือโล่กว้างประมาณ 7.5-9 เซนติเมตร ยาว 13.5-17 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเรียกว่าตัวใบ ส่วนที่สองเรียกว่าหูใบ สีของใบด้านบนเขียวเข้มเป็นมันหนา ด้านล่างสีเขียวอ่อนมีขนปกคลุม ริมใบเรียบหรือหยักเล็กน้อย เส้นใบนูนเห็นเด่นชัด

ดอก เกิดบริเวณซอกใบ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ลักษณะเป็นช่อ จัดเป็นดอกเดี่ยว แต่ละช่อมี 2-10 ดอก ดอกมีขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-7 เซนติเมตร มีชั้นกลีบเลี้ยง 3-5 กลีบ ถัดเข้าไปเป็นชั้นกลีบดอกมีจำนวน 4-5 กลีบ ถัดเข้าไปเป็นชั้นเกสรตัวผู้เชื่อมเป็นกลุ่ม 4-5 กลุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รวมจำนวนเกสรตัวผู้ประมาณ 20-25 อัน และชั้นในสุดเกสรตัวเมียมีรังไข่อยู่ 11-16 ช่อง เมื่อดอกบานมีกลิ่นหอม ผลมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-30 เซนติเมตร จัดอยู่ประเภท berry จำพวก hesperidium เส้นรอบวงด้านกว้างบริเวณกลางผล 30-57 เซนติเมตร สูงประมาณ 10-16 เซนติเมตร ทรงผลมีหลายแบบ เช่น กลมแป้น กลมมน กลมสูง ผลขณะอ่อนมีสีเขียว เมื่อผลแก่สีผลจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลือง เปลือกอ่อนนุ่มมีต่อมน้ำมัน หนาประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร จัดเป็น pericarp ของผล เนื้อที่ใช้บริโภคเกิดจากส่วน endocarp มีลักษณะเป็นเส้นอวบยาวอัดรวมตัวกันอยู่เรียกว่า กุ้ง (juice sac หรือ vesicle) ภายในประกอบไปด้วยน้ำ มีรสหวานอมเปรี้ยวถึงเปรี้ยว บางกุ้งส้มมีขนาดยาว บางกุ้งมีขนาดสั้น เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างต่างกัน เมล็ด มีสีขาวอมเหลืองขนาดค่อนข้างใหญ่ถึงเล็ก ความกว้าง 0.6-1.2 เซนติเมตร ความยาว 1.2-2.0 เซนติเมตร (จุฑามาศ, 2547; สมคิด, 2548)

ลักษณะประจำพันธุ์

ส้มโอที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์ก็มีลักษณะดีเด่นแตกต่างกันออกไป ทั้งรสชาติ สีเนื้อ ความแน่นเนื้อ และขนาดผล ซึ่งพันธุ์ที่ปลูกมากและได้รับความนิยมจากผู้บริโภคในภาคกลาง ได้แก่ ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

พันธุ์ทองดี

ผลมีรูปทรงกลมแป้น ขนาดโตปานกลาง น้ำหนักผลประมาณ 940 - 1,060 กรัม ความสูงผลประมาณ 12 - 14 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณกลางผลประมาณ 14 - 16 เซนติเมตร เส้นรอบวงบริเวณกลางผลประมาณ 40 เซนติเมตร ไม่มีจุก ที่หัวมีจีบเล็กน้อย ก้นผลเรียบถึงเว้าเล็กน้อย ผิวผลเรียบสีเขียวเข้มและมีขนอ่อนนุ่มเล็กน้อย มีต่อมน้ำมันขนาดเล็ก เปลือกผลค่อนข้างบางมีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร เปลือกด้านในและเยื่อหุ้มกลีบมีสีชมพูอ่อน เนื้อผลมีประมาณ 14 - 16 กลีบ สีชมพูอ่อน มีลักษณะนิ่มฉ่ำน้ำ รสหวาน มีเมล็ดปานกลางถึงมาก (สมคิด, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ผลมีขนาดค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักผลเฉลี่ย 1,800 กรัม ความสูงประมาณ 18 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณกลางผลประมาณ 17 เซนติเมตร เส้นรอบวงบริเวณกลางผลประมาณ 56 เซนติเมตร ผลกลมมีจุกเล็กน้อย ผิวผลเรียบสีเขียวเข้ม ก้นผลเรียบ ต่อมน้ำมันมีขนาดใหญ่อยู่กันห่างๆ เปลือกผลค่อนข้างหนาประมาณ 2.3 เซนติเมตร เปลือกด้านในและเยื่อหุ้มกลีบมีสีขาว เนื้อผลมีประมาณ 13 - 15 กลีบ สีน้ำผึ้ง หรือเหลืองอมน้ำตาล รสเปรี้ยวอมหวานและกรอบ มีเมล็ดน้อยบางครั้งก็ไม่พบเมล็ด ให้ผลตลอดปี (สมคิด, 2548)

พันธุ์ขาวใหญ่

ผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักผลประมาณ 1,200 - 2,300 กรัม สูงประมาณ 14 - 19 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณกลางผลประมาณ 14 - 19 เซนติเมตร เส้นรอบวงบริเวณกลางผลประมาณ 45-60 เซนติเมตร ทรงผลกลมสูง มีจุกเล็กน้อย ก้นผลเรียบ ผิวผลเรียบสีเขียวเข้มอมเหลือง ต่อมน้ำมันมีขนาดเล็ก เปลือกผลหนาปานกลางประมาณ 1.3 – 2 เซนติเมตร เปลือกด้านในและเยื่อหุ้มกลีบมีสีขาว เนื้อผลมีประมาณ 12-16 กลีบ สีขาวอมเหลืองถึงสีน้ำตาลอ่อนอมชมพูอ่อน รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และไม่มีเมล็ด (สมคิด, 2548)

อาการเนื้อข้าวสาร

อาการเนื้อข้าวสาร (Granulation) ซึ่งบางที่ก็เรียกว่า crystallization, section drying, dry juice sac, ricing และ dryness (Singh, 2001; Albrigo *et al*., 2004) เป็นความผิดปกติทางสรีรวิทยาของเนื้อส้ม ที่มีลักษณะเป็นเจล (jell) หรือ ขาว ขุ่น แข็งและแห้ง รูปร่างของกุ้งอาจเหมือนกุ้งปกติ หรือแฟบคล้ายถูกบีบอัด ผนังเซลล์มีความหนามากกว่าปกติ เนื่องจากมีการสะสมของสารประกอบ เซลล์ลูโลส เฮมิเซลล์ลูโลส ลิกนิน และซูเบอริน จนเป็นผนังเซลล์ทุติยภูมิ (Agusti *et al*., 2004; Burns and Achor, 1989; Singh, 2001) จากการศึกษาโครงสร้างกุ้งส้มโอพันธุ์ขาวแป้นและทองดี พบว่าระหว่างเก็บรักษา 6 สัปดาห์ กุ้งส้มโอพันธุ์ขาวแป้นมีความแฉะน้อยกว่าพันธุ์ทองดีเนื่องจากมีผนังเซลล์หนากว่า (อรุณี, 2537) เป็นไปได้ว่าการที่ส้มโอพันธุ์ขาวแป้นมีผนังเซลล์กุ้งส้มหนากว่านั้นอาจพบอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าส้มโอพันธุ์ทองดี ส่วนการฟ่ามของเนื้อส้มหมายถึง อาการที่เนื้อส้มขาว ขุ่น แข็งและแห้ง ไม่รวมส่วนของเนื้อส้มที่เป็น เจล (jell)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(เปรมปรี, 2544) ระหว่างเก็บรักษา เนื้อส้มส่วนที่เป็นเนื้อข้าวสารมีกิจกรรมของเอนไซม์ glycosidase และ ascorbate peroxidase (APX) เพิ่มขึ้น และมีการสะสม alcohol-insoluble-solids (AIS) และ H_2O_2 เพิ่มขึ้น ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ glycosidase ที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้เซลล์มีการสะสมน้ำตาล rhamnose, arabinose, mannose และ glucose ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ AIS เมื่อรวมกันเป็นโมเลกุลใหญ่ ก็คือ pectin ส่วน H_2O_2 ไปส่งเสริมการสร้างลิกนิน ซึ่งสาร glycosidase AIS และ H_2O_2 ทำให้ผนังเซลล์หนาและแข็งเพิ่มขึ้น ส่วน APX พบมากในเนื้อส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารช่วยกำจัดและลดการทำลายจากอนุมูลอิสระของออกซิเจน (Burns, 1990; Burns and Albrigo, 1997; Lin *et al*., 2010; Qin *et al*., 2009; Shomer *et al*., 1989) ซึ่งส้มที่มีอาการเนื้อข้าวสารของส้มกลุ่ม mandarin หรือ tangerine มีอัตราการหายใจสูงกว่าเนื้อส้มปกติประมาณ 2 เท่า (Burns, 1990) ระหว่างการเก็บรักษาส้ม ‘Satsuma’ มีการลำเลียงสารอินทรีย์จากเนื้อมายังเปลือกเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจทำให้เปลือกมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมีลักษณะบวมพองแยกออกจากเนื้อ ส่วนเนื้อมีน้ำหนักลดลงและแสดงอาการเนื้อข้าวสารเมื่อเวลาผ่านไป (Ke *et al*., 1989) ในส้ม ‘Pioneer’ และ ‘Satsuma’ พบว่าสารอินทรีย์ในเนื้ออาจมีการเคลื่อนย้ายไปยังเปลือก และเนื้อมีการสะสมสารประกอบเซลลูโลสเพิ่มขึ้นจึงแสดงอาการขาว แข็งขุ่น และแห้ง (Jing *et al*., 1979)

อาการเนื้อข้าวสารโดยทั่วไปพบที่เนื้อบริเวณขั้วผล ก้นผล หรือใกล้แกนกลางผล กรณีที่แสดงอาการอย่างรุนแรงสามารถพบอาการได้ทั้งกลีบ (จุฑามาศ, 2547; Nakajima, 1976) ในส้มเขียวหวาน ‘Fremont’ และ ‘Hyuganatsu’ ผลที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงมีความถ่วงจำเพาะ และปริมาณน้ำคั้นต่ำ (ประภาพร, 2543; Nakajima, 1976) เนื้อมี แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมและโพแทสเซียมมากกว่าเนื้อปกติ แต่ปริมาณน้ำตาล แคโรทีนอยด์และกรดลดลง (Ericson, 1968; Goto and Araki, 1983; Singh, 2001) ทำให้คุณภาพผลต่ำ อีกทั้งมีการสร้างเอนไซม์ peroxidase และ superoxide dismutase ในบริเวณที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารมากขึ้น (Awasthi and Nauriyal, 1972) แต่มีปริมาณ phenolic และ polyphenol oxidase ต่ำกว่าเนื้อปกติ (Sharma *et al*., 2006) ต้นส้มที่ขาดธาตุสังกะสี (ธาตุสังกะสีเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน) ทำให้สังเคราะห์ฮอร์โมนออกซินต่ำ ซึ่งสัมพันธ์กับกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ที่สูง โดยช่วยส่งเสริมให้มีการสร้างลิกนินที่เนื้อมากขึ้น ทำให้ส้มแสดงอาการเนื้อข้าวสารมากขึ้น (Awasthi and Nauriyal, 1972) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีหลายปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอาการเนื้อข้าวสาร สรุปได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อายุผล ผลส้มโอที่มีอายุครบกำหนดเก็บเกี่ยวแล้วหากปล่อยค้างไว้ที่ต้นอีกระยะหนึ่งจะยิ่งมีโอกาสเกิดอาการเนื้อข้าวสารมากขึ้น เช่นเดียวกับที่พบในส้มชนิดอื่นๆ (Landaniya, 2008) จากรายงานของ Burns and Albrigo (1997) พบว่าใน เกรฟฟรุต ‘Ruby Red’ (เนื้อสีแดง) เฉพาะผลที่มีขนาดใหญ่หากเก็บผลผลิตหลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเป็นเวลา 60 และ 120 วัน เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 21° C ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ ก่อให้เกิดอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงมากกว่าผลผลิตที่เก็บเกี่ยวตรงตามอายุที่เหมาะสมซึ่งไม่ผ่านการเก็บรักษา และพบความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารในผลผลิตที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วัน มากกว่า 60 วัน ซึ่งพบมากบริเวณเนื้อใกล้ก้นผล ซึ่งสัมพันธ์กับการสะสม alcohol-insoluble-solids (AIS) ที่เพิ่มขึ้น (Burns and Albrigo, 1997) ส่วนเกรฟฟรุต ‘Marsh’ (เนื้อสีขาว) ไม่พบอาการเนื้อข้าวสาร (Burns and Albrigo, 1997) ซึ่งต่างกับส้มโอที่มักพบอาการเนื้อข้าวสารที่เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผลและเกิดมากในพันธุ์ที่มีเนื้อสีขาว สอดคล้องกับ เยาวรัตน์ (2545) ที่พบว่า ในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเมื่อผลมีอายุ 31 สัปดาห์เป็นต้นไป เนื้อผลเริ่มแสดงอาการเนื้อข้าวสารและยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นตามอายุผลที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับส้ม ‘Lane late’ พบว่า หากเก็บผลผลิตหลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมนานออกไปก็จะยิ่งก่อให้เกิดอาการเนื้อข้าวสารและมีความรุนแรงของอาการมากขึ้น ซึ่งพบอาการที่เนื้อบริเวณขั้วผลมากกว่าบริเวณกลางผลและก้นผล (Agusti *et al*., 2004)

ขนาดของผล ผลที่มีขนาดใหญ่มีโอกาสเกิดอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าผลปกติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ปิยะวัสส์ (2548) ที่พบว่าในส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ ผลที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารจะมีขนาดใหญ่แต่มีน้ำหนักน้อยกว่าผลปกติ การให้ปุ๋ยไม่เหมาะสมมีแนวโน้มว่าจะทำให้ผลมีขนาดใหญ่และก่อให้เกิดอาการเนื้อข้าวสารได้เช่นกัน เช่นรายงานของ Hearn (1993) พบว่า ส้ม ‘Hamlin’, ‘Navel’ และ ‘Valencia’ หากได้รับปุ๋ยที่มีไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูง จะทำให้ผลมีการเจริญมากกว่าปกติและมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพผลที่ลดลงโดยพบอาการเนื้อข้าวสารร่วมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Singh (2001) พบว่าในพืชตระกูลส้ม หากได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากจนเกินความต้องการของพืชแล้วนอกจากผลที่ได้จะมีขนาดใหญ่ยังก่อให้เกิดอาการเนื้อข้าวสารร่วมด้วย

ชนิดของส้ม อาการเนื้อข้าวสารพบมากในส้มกลุ่ม Mandarin เช่น ส้มเขียวหวาน (เปรมปรี, 2544; Albrigo *et al*., 2004; Sharma *et al*., 2006) ในต่างประเทศส้มในกลุ่ม mandarin พันธุ์ ‘Kaula’ และ ‘Nagpur’ และกลุ่ม sweet orange พันธุ์ ‘Mosambi’ และ ‘Pineapple’ จะแสดงอาการเนื้อข้าวสารมากและรุนแรงกว่ากลุ่ม lemon เช่นพันธุ์ ‘Eureka’ และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่ม lime เช่นพันธุ์ ‘Kagzi’ (Sharma *et al*., 2006) จากข้อสังเกตของผู้ค้าปลีกส้มโอพบว่า ส้มโอพันธุ์ทองดี (เนื้อสีชมพู) พบอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงน้อยกว่าส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (เนื้อสีขาว) ซึ่งยังไม่มีการพิสูจน์ยืนยัน ส่วนส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ซึ่งให้ผลผลิตตลอดทั้งปี ผลผลิตในช่วงเดือนมกราคมจะมีคุณภาพด้อยกว่าช่วงเดือนเมษายนและพบอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าด้วย (สุขะวัฒน์ และ ลพ, 2554)

อายุของต้น ต้นส้มที่มีอายุน้อยมีโอกาสเกิดอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าต้นที่อายุมาก (เปรมปรี, 2544; Albrigo *et al*., 2004; Ladaniya, 2008)

ปริมาณการติดผล ต้นส้มที่มีการติดผลต่ำส่งผลให้ผลมีขนาดใหญ่และมีโอกาสเกิดอาการเนื้อข้าวสารได้มากกว่าต้นที่ติดผลปกติ (เปรมปรี, 2544; Albrigo *et al*., 2004)

ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ผลผลิตที่เก็บในรุ่นท้ายๆ มีโอกาสเกิดอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าผลผลิตที่เก็บในรุ่นแรกๆ (เปรมปรี, 2544; Albrigo *et al*., 2004; Sharma *et al*., 2006) ในส้มโอขาวน้ำผึ้ง เมื่อมีอายุถึงสัปดาห์ที่ 31 จะเริ่มพบอาการเนื้อข้าวสาร และจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น (เยาวรัตน์, 2545)

ต้นตอ ในต่างประเทศพบว่า ต้นตอบางพันธุ์ส่งเสริมการเกิดอาการเนื้อข้าวสาร แต่บางครั้งก็ทำให้อาการเนื้อข้าวสารลดลง Sharma and Saxena (2004) พบว่า ส้ม ‘Kinnow’ mandarin บนต้นตอ ‘Sohsarkar’ ซึ่งเป็นต้นตอที่เจริญเติบโตดี แสดงอาการเนื้อข้าวสารมากและรุนแรง กว่าเมื่อต่อบนต้นตอ ‘Karna Khatta’ ซึ่งเป็นต้นตอที่เจริญเติบโตดีปานกลาง และต้นตอ ‘Troyer’ citrange ซึ่งเป็นต้นตอที่เจริญเติบโตช้าตามลำดับ

การให้น้ำ ต้นส้มที่ได้รับปริมาณน้ำที่บ่อยครั้งเกินไปมีแนวโน้มที่จะเกิดอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าปกติ (Albrigo *et al*., 2004)

ตำแหน่งผลบนต้น ผลในทรงพุ่มมีโอกาสเกิดอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าผลที่อยู่ด้านนอกทรงพุ่ม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการส่งอาหารให้กับผลตามตำแหน่งต่างๆ มีไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าผลที่อยู่ทิศเหนือของต้นมีโอกาสเกิดอาการเนื้อข้าวสารได้มากกว่าผลที่อยู่ทิศใต้ประมาณ 2 เท่า (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2530; ดีพร้อม, 2527)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิต่ำ มีสมมติฐานว่าขณะผลส้มโอกำลังพัฒนาเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำจะส่งเสริมการเกิดอาการเนื้อข้าวสาร ซึ่งส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่มักจะเกิดอาการเนื้อข้าวสารได้ง่ายหากได้รับอุณหภูมิที่ต่ำ ช่วงเดือนพฤศจิกายน-เดือนธันวาคม เมื่อเทียบกับผลผลิตส้มโอที่ได้จากช่วงที่ไม่ผ่านอุณหภูมิต่ำ (ปิยะวัสส์, 2548; สุขะวัฒน์ และ ลพ, 2554)

บทบาทของธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียม ต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาอาการเนื้อข้าวสารของพืชตระกูลส้ม

ธาตุอาหารในดินถือเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตจนครบชีพจักร พืชที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ของแต่ละธาตุอย่างครบถ้วน จะเจริญเติบโตให้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพสูงกว่าพืชที่ปลูกในดินที่ขาดแคลนธาตุอาหาร หรือมีความเข้มข้นของธาตุอาหารมากเกินไป (ยงยุทธ, 2546)

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชธาตุหนึ่ง โดยทั่วไปส้มเป็นหนึ่งในหลายๆ พืชที่ต้องการธาตุไนโตรเจนสูงกว่าธาตุอื่นๆ ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน เอไมด์ เอนไซม์ คลอโรฟิลล์ ฮอร์โมนพืชออกซินและสารประกอบอื่นๆ ที่มีความสำคัญ สำหรับพืชไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในพืชได้ง่าย หากพืชตระกูลส้มได้รับไนโตรเจนในปริมาณมากเกินไป ใบส้มจะมีขนาดใหญ่ หยาบและหนากว่าปกติ สีเขียวเข้ม สีผิวเปลือกผลพัฒนาจากสีเขียวเป็นสีเขียวอมเหลืองหรือสีส้มช้า เปลือกผลหนาและขรุขระ กากมาก มีรสชาติจืดหรือเปรี้ยวกว่าเดิม วิตามินซีลดลงทำให้คุณภาพผลต่ำ และคาดว่าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งเสริมการเกิดอาการเนื้อข้าวสารอีกด้วย (รวี, 2523; สมคิด, 2548; Dasberg, 1987; Davies and Albrigo, 1994; He *et al*., 2003; Reitz and Hunziker, 1961; Smith, 1967) การให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินความต้องการไม่ว่าจะเป็นการให้ทางดินหรือพ่นทางใบแก่ส้มนั้น อาจไปส่งเสริมการเกิดอาการเนื้อข้าวสารได้ โดยทั่วไปผลส้มโอมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเมื่อมีอายุผลประมาณ 3 เดือน เนื่องจากอายุผลในช่วงนี้ เซลล์มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปเป็น เปลือก และเนื้อ (เยาว์รัตน์, 2545) การได้รับไนโตรเจนเพิ่มในช่วงนี้ อาจส่งเสริมการเจริญเติบโตและชักนำให้เกิดอาการเนื้อข้าวสารมากขึ้นในส้มโอ

การให้ปุ๋ยทางใบในอดีตนั้นให้เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนธาตุอาหาร แต่ในปัจจุบันการให้ปุ๋ยทางใบอาจมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมธาตุอาหาร ซึ่งมีการใช้อย่างกว้างขวาง สำหรับการให้ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนโตรเจนเสริมนั้นนิยมใช้ปุ๋ยยูเรีย เนื่องจากละลายน้ำง่าย และพืชสามารถนำสารละลายปุ๋ยยูเรียไปใช้ได้ภายใน 24 ชั่วโมง พืชแต่ละชนิดสามารถทนทานความเข้มข้นของสารละลายยูเรียได้ต่างกัน ในพืชตระกูลส้มระดับความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.6-1.2 เปอร์เซ็นต์ (ยงยุทธ, 2547) ในรายงานของ Paramasivam *et al.* (2000) ทำให้ทราบว่า ไนโตรเจนในผลอ่อนของพืชตระกูลส้มนั้น ส่วนใหญ่ได้รับมาจากไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในใบใกล้ๆ ผล และบางส่วนจากกิ่งขนาดเล็ก ลำต้น และราก

โพแทสเซียมก็จัดเป็นเป็นธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับส้มในระยะแรกจะพบว่าต้นมีการเจริญเติบโตผิดปกติ ใบใหญ่ขึ้นขอบใบเป็นคลื่นทั้ง 2 ข้าง เส้นกลางใบนูนขึ้น คล้ายกับอาการได้รับไนโตรเจนมากเกินไป เมื่อเป็นมากขึ้นส้มจะ แคระแกรน เจริญเติบโตช้า กิ่งเปราะหักง่าย ใบบิดเบี้ยวและร่วง ผลส้มที่ขาดโพแทสเซียม จะมีสีเหลืองมากกว่าปกติ เปลือกบางผิวเรียบ ผลมีขนาดเล็ก แต่หากได้รับโพแทสเซียมมากเกินไปจะทำให้ลดการดูดธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมลดลง ส่งผลให้ส้มโตช้า ทิ้งใบ สีผลไม่สดใสและมีขนาดใหญ่ รสชาติจืดเนื่องจากมี total soluble solids และ acid content ต่ำ เปลือกหนาและแสดงอาการเนื้อข้าวสาร (ดีพร้อม, 2527; ยงยุทธ, 2546; รวี, 2523; Morgan *et al*., 2005)

การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงแก่ ส้ม ‘Valencia’ และเกรฟฟรุต ‘Marsh’ และ ‘Star Ruby’ อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปีทำให้ผลผลิตมีขนาดใหญ่ สีผลพัฒนาช้า (Boman, 1998; 2001) ในเกรฟฟรุต ‘Flame’ พบว่าการให้ฟอสฟอรัสที่เพียงพอ และให้โพแทสเซียมต่ำ ทำให้มี total soluble solids ต่ำ แต่มีกรดสูง ส่วน การให้ฟอสฟอรัสต่ำ และให้โพแทสเซียมที่เพียงพอทำให้มี total soluble solids และ วิตามินซีสูงสุด (Dou *et al*., 2005) แต่ใน ‘Dancy’ tangerines ไม่มีการตอบสนองต่อโพแทสเซียมเหมือนในส้ม ‘Valencia’ และเกรฟฟรุต ‘Marsh’ (Koo and McCornack, 1965) การให้ปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียมมากเกินความต้องการแก่ส้ม ‘Valencia’, ‘Hamlin’ และ ‘Navel’ ทำให้ผลมีขนาดใหญ่ การพัฒนาสีเปลือกช้า และทำให้เกิดอาการเนื้อข้าวสาร (Hearn, 1993)

แคลเซียมเป็นธาตุที่พบในดินในปริมาณแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน ดินโดยทั่วไปมีแคลเซียมอยู่ระหว่างหรือน้อยกว่า 0.1 – 2 เปอร์เซ็นต์ ในดินทรายหรือดินที่เป็นกรดจัดมีแคลเซียมอยู่น้อยมาก สำหรับปริมาณแคลเซียมที่พืชนำไปใช้ประโยชน์มีค่าระหว่าง 1 cmol ถึงมากกว่า 50 cmol ต่อดิน 1 กิโลกรัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ส้มที่ขาดแคลเซียมจะแสดงอาการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลำต้นแคระแกรน ใบมีขนาดเล็ก กิ่งที่แตกใหม่มีข้อสั้น ปลายยอดเกิดอาการไหม้จากปลายใบเข้าสู่กลางใบ ต้นทิ้งใบมาก ขนาดผล และจำนวนผลผลิตลดลง เนื้อฉ่ำน้ำ (รวี, 2523) ส่วนอาการที่ได้รับแคลเซียมมากเกินไปนั้น ทำให้ดินมีสภาพเป็นด่างและสร้างความเสียหายแก่พืชปลูก โดยจะไปลดระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส และโบรอน เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) แคลเซียมนอกจากมีหน้าที่เสริมสร้างความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์แล้วยังทำหน้าที่ลำเลียงน้ำตาลภายในต้นพืชอีกด้วย จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการนำกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารไปวิเคราะห์ พบว่า มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่ากุ้งส้มปกติ (Singh, 2001) จึงเป็นไปได้ว่าดินที่มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มาก รากส้มโอจะดูดซึมแคลเซียมเหล่านี้เพื่อนำไปใช้และสะสมไว้ที่ผลมาก และอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้เกิดอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอ

โซเดียมจัดเป็นธาตุเสริมประโยชน์ หมายถึง ธาตุที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชแต่ไม่ใช่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช (ยงยุทธ, 2546) ปัจจุบันยังไม่ทราบบทบาทแน่ชัดของโซเดียมต่อการเจริญเติบโตในต้นส้มโอ การให้น้ำที่มีธาตุโซเดียม คลอรีน และโบรอนสูง แก่พืชตระกูลส้มเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ พบว่าคุณภาพของผล เช่น total soluble solids, ปริมาณกรด น้ำหนักผล เส้นผ่านศูนย์กลาง เปอร์เซ็นต์น้ำคั้นและสีผิวเปลือก ไม่แตกต่างกัน (Reboll *et al*., 2000) แต่จากข้อสังเกตของผู้ค้าปลีกส้มโอที่ให้ความเห็นว่าผลผลิตส้มโอที่มาจากลุ่มแม่น้ำแม่กลองนั้นมีอาการเนื้อข้าวสารน้อยกว่าจากแหล่งอื่น ซึ่งในอดีตบริเวณนี้เคยมีน้ำทะเลหนุนมาก่อน และเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอในจังหวัดสมุทรสงครามได้มีการใส่ขี้แดดนาเกลือ ซึ่งคือสาหร่าย ตะไคร่น้ำ และจุลินทรีย์ที่มากับน้ำทะเลแล้วตกผลึกหลังทำนาเกลือ ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์พบว่ามีธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม และแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ (นันทนิตย์, 2552) การใส่ขี้แดดนาเกลือรอบต้นส้มโอ ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 1 เดือน เชื่อว่าทำให้รสชาติของเนื้อส้มโอนั้นคมขึ้น (มีรสเค็มที่เนื้อส้มโอเล็กน้อย) และแสดงอาการเนื้อข้าวสารน้อยลง (นันทนิตย์, 2552)

การวิเคราะห์ธาตุอาหารต่างๆ ในตัวอย่างพืช ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของใบและส่วนของผลส้มโอนั้นมีความสำคัญ เพราะใช้เป็นข้อมูลประเมินปริมาณธาตุอาหารในพืช ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวฯ เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์พืชแต่เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้อง จึงต้องมีผลการวิเคราะห์ดินร่วมด้วย (ศรีสม, 2544) ซึ่งการวิเคราะห์ดินจะทำให้ทราบถึงสมบัติและความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) หากดินที่ปลูกส้มมีธาตุอาหารน้อยหรือมากเกินความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต้องการของต้นส้มแล้วอาจส่งเสริมการพัฒนาอาการเนื้อข้าวสารในเนื้อส้มได้ ซึ่งยังไม่มีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างระดับธาตุอาหารในดินกับอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอในประเทศไทยมาก่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

การทดลองย่อยที่ 1.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

คัดเลือกสวนส้มโอ 2 สวน ซึ่งปลูกทั้งส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง (เพื่อลดความแปรปรวนของสวน) ที่มีประวัติการให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี ในอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ใช้ต้นส้มโอที่ขยายพันธุ์จากการตอนกิ่งมีอายุประมาณ 8-9 ปี ขนาดทรงพุ่ม 5.1 x 5.0 เมตร มีจำนวนผลบนต้น 45 ถึง 70 ผล พันธุ์ละ 5 ต้น ต่อสวน อายุผลที่เก็บเกี่ยว 3 ระยะ คือ ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และหลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน

การทดลองย่อยที่ 1.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่

คัดเลือกสวนส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ 1 สวน ที่มีประวัติการให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี ในอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม ใช้ต้นส้มโออายุประมาณ 21-22 ปี ขนาดทรงพุ่ม 6.1 x 6.6 เมตร จำนวน 5 ต้นเป็นตัวแทนในการศึกษา จำนวนผลบนต้นประมาณ 55 ผล และ 30 ผล ในรุ่นเดือนมกราคม และรุ่นเดือนเมษายน ตามลำดับ อายุผลที่เก็บเกี่ยว 3 ระยะ คือ ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และหลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน

โดยการทดลองย่อยที่ 1.1 และ 1.2 ทำการเก็บผลส้มโอในแต่ละระยะเก็บเกี่ยวจำนวน 5 ผลต่อต้นรอบทรงพุ่ม สำหรับอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมอ้างอิงจากเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอเพื่อจำหน่ายสู่ตลาดตามปกติ ซึ่งผลส้มโอมีอายุประมาณ 28 สัปดาห์ หรือ 7 เดือน (ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน) 32 สัปดาห์ หรือ 8 เดือน (ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม) และ 36 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน (หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน) ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำผลส้มโอมาชั่งน้ำหนัก แล้วล้างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้น 0.1 N จากนั้น นำมาปอกเปลือกวัดความหนาเปลือก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลโดยวัดจากส่วนที่กว้างที่สุดบริเวณกลางผล ความสูงผล (เซนติเมตร) วัดจากก้นผลถึงส่วนที่สูงที่สุดของผล วัดสีผิวเปลือกผลและสีเนื้อ ในหน่วย Hunter scale ด้วยเครื่อง Color Different Meter (Tricolor LFM3 instrument รุ่น DR Lange, Tricolor LFM3 ประเทศเยอรมนี) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้น วัดความแน่นเนื้อของ กุ้งยาว (จากเนื้อบริเวณกลางกลีบส้มโอ) และสั้น (จากเนื้อบริเวณสันกลีบ ขั้ว หรือ และก้นผลส้มโอ) ทั้งกุ้งปกติและส่วนที่แสดงอาการเนื้อข้าวสาร ด้วยเครื่อง Fruit Hardness Tester (N.O.W., รุ่น FHR-5, ประเทศญี่ปุ่น) ใช้หัวกดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ตารางเซนติเมตร กดลงบนกุ้งส้มโอจนกุ้งนั้นยุบตัวลงไป แยกส่วนต่างๆ ของผลได้แก่ เปลือก เยื่อหุ้มเนื้อ เนื้อ เมล็ด และเนื้อที่แสดงอาการข้าวสาร (ถ้าพบ) เพื่อชั่งน้ำหนัก

บันทึกรูปแบบการเกิดอาการเนื้อข้าวสารว่าพบมากบริเวณส่วนใดของผลเช่น บริเวณขั้วผล หรือก้นผล เป็นต้น เนื้อส้มโอที่แสดงอาการเนื้อข้าวสาร คัดแยกโดยพิจารณาจากกุ้งส้มโอที่แสดงอาการ ขาว แข็ง ขุ่นและแห้ง โดยใช้การสังเกตจากสายตาและมือสัมผัสกุ้งส้มในแต่ละกลีบ คำนวณจำนวนผลที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยวของส้มโอแต่ละพันธุ์ ดังนี้

$$\text{การเกิดอาการเนื้อข้าวสาร (\%)} = \frac{\text{จำนวนผลส้มโอที่แสดงอาการเนื้อข้าวสาร}}{\text{จำนวนผลส้มโอทั้งหมด}} \times 100$$

ความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารได้จากการชั่งน้ำหนักสดของเนื้อส้มโอที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารเทียบกับ น้ำหนักสดของเนื้อทั้งผล แล้วคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

$$\text{ความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสาร (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดเนื้อส้มโอที่มีอาการเนื้อข้าวสาร (กรัม)}}{\text{น้ำหนักสดเนื้อส้มโอทั้งผล (กรัม)}} \times 100$$

ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะกายภาพ เช่น ความสูงผล เส้นรอบวง น้ำหนักผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สีผิวเปลือกผล (L a และ b) น้ำหนักผล และความหนาเปลือก เป็นต้น เพื่อเป็นข้อสังเกตว่าลักษณะภายนอกของผลและสมบัติทางกายภาพของผลมีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารในผลส้มโออย่างไร

นำตัวอย่างสดแต่ละส่วนของผลส้มโอ คือ เปลือก เยื่อหุ้มเนื้อ และเนื้อส่วนที่ยังเป็นปกติจากผลส้มโอที่ที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารที่ระดับความรุนแรงต่างๆ กัน ไปอบแห้งที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7-10 วัน จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้ง ทำการบดตัวอย่างให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง 40 เมช แล้วนำไปวิเคราะห์หาธาตุ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมต่อไป

การย่อยสลายตัวอย่างพืช เริ่มจากชั่งน้ำหนักตัวอย่างพืชที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งผ่านการบดและร่อน หนัก 0.25 กรัม ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง 75 มิลลิลิตร เติม digestion mixture ซึ่งประกอบด้วย $HClO_4$: HNO_3 ความเข้มข้น 12.21 และ 15.77 N ตามลำดับ อัตราส่วน 2 : 1 จำนวน 5 มิลลิลิตร นำไปย่อยในเครื่องย่อยสลายโดยใช้อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 150 องศาเซลเซียส 1 – 2 ชั่วโมง และ 200 องศาเซลเซียส ย่อยต่อจนสารละลายใส ยกตัวอย่างออกจากเครื่องย่อยสลายตัวอย่างพืช ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำสารละลายที่ได้ไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 มิลลิลิตร โดยใช้ volumetric flask แล้วกรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เก็บสารละลายในขวดพลาสติก เพื่อนำไปวิเคราะห์ธาตุ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม (ศรีสม, 2544) ด้วยวิธี atomic absorption spectrophotometer (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) โดยนำตัวอย่างพืชที่ได้จากการย่อยสลายด้วย digestion mixture มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Analytic Jena รุ่น Vario 6 ประเทศเยอรมนี)

การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนวิเคราะห์ ทำโดยการชั่งตัวอย่างพืชที่ผ่านการบดและร่อนหนัก 0.25 กรัม ห่อด้วยฟอยล์ชนิดปราศจากไนโตรเจน (LECO) แล้วเผาด้วยเครื่อง protein / nitrogen determinator (LECO รุ่น FP-528 ประเทศสหรัฐอเมริกา) บันทึกค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บันทึกประวัติการให้ปุ๋ย สภาพสวน การดูแลรักษาในแต่ละสวน และสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกพร้อมกับการเก็บผลผลิต ในระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จำนวน 2 จุด ต่อต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติของดินดังนี้

1. pH โดยใช้ pH meter อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:2.5 (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

2. Electrical Conductivity (EC) โดยใช้ EC meter อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

3. อินทรียวัตถุในดิน (organic matter; OM) โดยวิธี wet oxidation (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

4. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน สกัดด้วยสารละลาย Bray II วิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี colorimetry (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Milton Roy รุ่น Spectonic Genesys 5 ประเทศสหรัฐอเมริกา)

5. โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ทำ standard curve จากสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนของธาตุที่วิเคราะห์ สกัดดินด้วย 1 N แอมโมเนียมอะซิเตต pH 7 อัตราส่วนดินต่อสารละลาย 1:10 วิเคราะห์หาปริมาณ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) ในสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ โดยวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Analytic Jena รุ่น Vario 6 ประเทศเยอรมนี)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

การทดลองย่อยที่ 1.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จัดสิ่งทดลองแบบ factorial มี 2 ปัจจัยที่ศึกษา ปัจจัยแรก คือ พันธุ์ส้มโอ 2 พันธุ์ และปัจจัยที่ 2 คือ อายุผลที่เก็บเกี่ยว 3 ระยะ คือ ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และหลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน

การทดลองย่อยที่ 1.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จัดสิ่งทดลองแบบ factorial มี 2 ปัจจัยที่ศึกษา ปัจจัยแรก คือ รุ่นที่เก็บเกี่ยว ได้แก่ รุ่นเดือนมกราคม และรุ่นเดือนเมษายน และปัจจัยที่ 2 คือ อายุผลที่เก็บเกี่ยว 3 ระยะ คือ ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และหลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

แยกวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างสวน โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของพันธุ์ส้มโอ และอายุการเก็บเกี่ยว (การทดลองย่อยที่ 1) ความแตกต่างของรุ่นของผลผลิต และอายุการเก็บเกี่ยว (การทดลองย่อยที่ 2) ต่อการเกิดอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistic Analysis System version 9.0 (Statistic Analysis System, 2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารในผลส้มโอกับลักษณะกายภาพของผลบางลักษณะโดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis)

การทดลองที่ 2 ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนโตรเจนในผลกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง

คัดเลือกสวนส้มโอ 1 สวน ซึ่งปลูกทั้งส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้งในอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ใช้ต้นส้มโอที่มีอายุและขนาดใกล้เคียงกัน พันธุ์ละ 5 ต้น บันทึกประวัติการใช้ปุ๋ยและการดูแลรักษาที่ผ่านมา เมื่อผลส้มโอมีอายุได้ 3 เดือน (เนื่องจากอายุผลประมาณ 3 เดือน นี้ผลส้มโอมีโอกาสหลุดร่วงต่ำกว่า ระยะดอกบาน) ทำการพ่นและไม่พ่นปุ๋ยยูเรีย (ทรีทเมนต์ควบคุม) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ผลส้มโอและใบบริเวณใกล้เคียงทุกเดือน จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม (ประมาณ 32 สัปดาห์ หรือ 8 เดือน) เก็บเกี่ยวผลส้มโอที่ได้และไม่ได้รับปุ๋ยยูเรียอย่างละ 5 ผลต่อต้น

การเก็บข้อมูลทางด้านกายภาพ คุณภาพผล วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะกายภาพผล เช่น ความสูงผล เส้นรอบวง น้ำหนักผล สีผิวเปลือกผล (L a และ b) น้ำหนักผล และความหนาเปลือก เป็นต้น และวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจนในผลและคุณสมบัติดิน เหมือนการทดลองที่ 1 แต่เพิ่มการเก็บตัวอย่างใบ วัดค่าความเขียวใบ (SPAD unit) เดือนละ 1 ครั้ง (ช่วงเดียวกับการพ่นปุ๋ยยูเรีย) จนถึงระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพื่อวิเคราะห์หาไนโตรเจนในใบบริเวณใกล้ผลและในดินในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตส้มโอที่พ่น และไม่พ่นปุ๋ยยูเรีย

แผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จัดสิ่งทดลองแบบ factorial มี 2 ปัจจัยที่ศึกษา ปัจจัยที่ 1 คือ พันธุ์ส้มโอมี 2 พันธุ์ และปัจจัยที่ 2 คือ การพ่นปุ๋ยยูเรียความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และการไม่พ่นปุ๋ยยูเรีย (ทรีทเมนต์ควบคุม)

วิเคราะห์ความแตกต่างของพันธุ์ส้มโอ กับการได้รับและไม่ได้รับปุ๋ยยูเรียเสริมโดยการพ่นที่ผลและใบบริเวณใกล้เคียงกับผล ต่อการเกิดอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistic Analysis System version 9.0 (Statistic Analysis System, 2002)

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารในผลส้มโอกับลักษณะกายภาพของผลบางลักษณะ โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis)

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และสวนส้มโอในอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม และสวนส้มโอในอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม

ระยะเวลาในการวิจัย

เดือนเมษายน พ.ศ.2552 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่

การทดลองย่อยที่ 1.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง

ข้อมูลสภาพสวน และการจัดการ

สวนคุณอุดม เลิศสำราญ 17/2 ม.4 ต.ทรงคะนอง อ.สามพราน จ.นครปฐม

สภาพสวนเป็นแบบยกร่อง ดินร่วนเหนียว ขนาดแปลงปลูกกว้างประมาณ 3 เมตร ปลูกแบบสลับ ระยะห่างระหว่างต้น 4 เมตร ต้นส้มโออายุประมาณ 8 ถึง 9 ปี ทรงพุ่มกว้างโดยเฉลี่ย 4.6 x 4.9 เมตร เส้นรอบวงลำต้นโดยเฉลี่ย 52 เซนติเมตร การดูแลรักษา มีการใส่ปูนเพื่อปรับลดสภาพความเป็นกรดของดิน ให้ปุ๋ยบำรุงต้นสูตร 16-16-16 หรือ 17-17-17 ประมาณ 300 ถึง 400 กรัม/ต้น ทุก 30 ถึง 45 วัน ก่อนเก็บผล 2 เดือน ให้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ใส่บำรุงผลในอัตราเดียวกับสูตร 16-16-16 ปุ๋ยคอก ใช้มูลไก่ มูลหมู มูลวัว หมุนเวียนกันไป ใส่ปีละ 1 ถึง 2 ครั้ง ต้นละ ½ กระสอบ (ประมาณ 15 ถึง 20 กิโลกรัม) ให้ปุ๋ยจุลธาตุและพ่นสารประกอบทองแดงเพื่อป้องกันโรคแคงเกอร์ทางใบ โกยเลนปีละ 1 ครั้ง งดให้น้ำในช่วงเดือนธันวาคมเป็นเวลานานประมาณ 10 วัน เพื่อชักนำให้ออกดอก หลังจากนั้นให้น้ำเต็มที่และให้ปุ๋ยสูตร 25-7-7 เพื่อบำรุงใบ ไว้ผลผลิต 2 รุ่น คือรุ่นปี เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม และรุ่นทะวาย คือผลที่ปล่อยติดผลตามธรรมชาติ ไว้ผลรุ่นหลักประมาณ 30 ถึง 45 ผลต่อต้น รุ่นทะวายประมาณ 15 ถึง 25 ผลต่อต้น ในส้มโอทั้ง 2 พันธุ์

สวนคุณสมศักดิ์ เลิศสำราญ 23/2 ม.4 ต.ทรงคะนอง อ.สามพราน จ.นครปฐม

สภาพสวนเป็นแบบยกร่อง ดินร่วนเหนียว ขนาดแปลงปลูกกว้างประมาณ 3.5 เมตร ปลูกสลับต้นแบบแถวเดี่ยว ระยะห่างระหว่างต้น 3.5 เมตร ต้นส้มโออายุประมาณ 9 ถึง 10 ปี ทรงพุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กว้างโดยเฉลี่ย 5.6 x 5.2 เมตร เส้นรอบวงลำต้นโดยเฉลี่ย 65 เซนติเมตร การดูแลรักษา ให้ปุ๋ยบำรุงต้นสูตร 16-16-16 หรือ 17-17-17 อัตรา 500 กรัม/ต้น ทุก 45 วัน โดยงดให้ปุ๋ยก่อนเก็บผล 2 เดือน เพื่อป้องกันผลแตก หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตให้ปุ๋ยสูตร 25-7-7 ในอัตราเดียวกันเพื่อบำรุงต้นและบำรุงใบ ปุ๋ยคอก ใช้มูลหมู อัตราต้นละ 15 ถึง 20 กิโลกรัม ปีละ 1 ครั้ง พ่นสารประกอบทองแดงพร้อมปุ๋ยเกล็ดทางใบ ทุกๆ 10 ถึง 15 วัน ไว้ผลผลิต 2 รุ่น คือรุ่นปี เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม และรุ่นทะวาย คือผลที่ปล่อยติดผลตามธรรมชาติ ไว้ผลรุ่นหลักประมาณ 30 ถึง 45 ผลต่อต้น รุ่นทะวายประมาณ 15 ถึง 25 ผลต่อต้น ในส้มโอทั้ง 2 พันธุ์

จากข้อมูลสภาพสวนและการจัดการเบื้องต้นการไว้ผลผลิตส้มโอต่อต้นของทั้ง 2 สวน จะไว้ผลผลิตประมาณ 60 ถึง 75 ผล ต่อต้นต่อปี ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเทียบกับคำแนะนำคือ ต้นส้มโอทั่วไปที่มีอายุประมาณ 8 ถึง 10 ปีควรไว้ผลประมาณ 75 ถึง 100 ผลต่อปี หากไว้มากกว่านี้ต้นจะโทรม (สมคิด, 2548) เกษตรกรในแต่ละสวนมีการใส่ปุ๋ยเคมีแตกต่างกัน ทั้งสูตรปุ๋ย อัตรา และความถี่ในการให้ปุ๋ยที่ต่างกันในแต่ละเดือน และให้ปุ๋ยคอกเป็นประจำทุกปี

ผลวิเคราะห์ดินแปลงปลูกส้มโอ

จากการวิเคราะห์สมบัติดินในแหล่งปลูกทั้ง 2 สวน (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นส้มโอมีผลพร้อมเก็บเกี่ยวอยู่บนต้น พบว่า ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดจัด ถึง กรดเล็กน้อย (5.1 ถึง 5.5 และ 6.1 ถึง 6.5) สภาพการนำไฟฟ้าของดินทั้ง 2 สวนมีค่าต่ำ (0.2 dS/m) จึงไม่มีปัญหาเรื่องดินเค็ม มีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับค่อนข้างต่ำ (1.1 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์) อาจเนื่องจากการเก็บตัวอย่างดินของการทดลองนี้ ทำในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งห่างจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์บำรุงดินครั้งสุดท้ายไม่น้อยกว่า 6 เดือน อินทรียวัตถุส่วนใหญ่จึงถูกย่อยสลายไป ทำให้ค่าที่ได้ต่ำกว่าที่ นพพร (2552) ได้รายงานไว้ว่าดินจากสวนส้มโอในจังหวัดนครปฐมมีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อเก็บตัวอย่างดินหลังชาวสวนเก็บผลผลิตส้มโอ เพราะเป็นช่วงที่มีการให้ปุ๋ยคอกแก่ต้นส้มโอก่อนหน้านั้นไม่นานนัก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (มากกว่า 45 mg/kg) โพแทสเซียมอยู่ในระดับสูงมาก (มากกว่า 120 mg/kg) แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง (2,000 ถึง 4,000 และ 360 ถึง 960 mg/kg ตามลำดับ) (งานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์, 2549) และมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (30 ถึง 70 และ 70 ถึง 200 mg/kg ตามลำดับ) (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) จากการวิเคราะห์ดินทำให้ทราบว่าปริมาณธาตุอาหารในดินทั้ง 2 สวนจัดอยู่ในระดับสูงถึง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูงมาก โดยสวนคุณอุดม มีปฏิกิริยาดิน และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสวนคุณสมศักดิ์ แต่มีแมกนีเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า โดยมีสภาพการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ใกล้เคียงกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ค่า pH สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน จากสวนส้มโอ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

	สมบัติดิน							
สวน	pH (1:2.5)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)
อุดม	6.4	0.2	1.3	121.7	390.0	3984.6	600.0	64.6
สมศักดิ์	5.5	0.2	1.4	135.3	371.4	3024.8	767.2	76.3
t-test	**	ns	ns	ns	ns	**	**	**

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเกิดอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการในส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุต่างกัน 3 ระยะ

ส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งจากทั้ง 2 สวน มีจำนวนผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสาร และแสดงความรุนแรงของอาการมากขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น โดยพันธุ์ขาวน้ำผึ้งแสดงอาการเด่นชัดมากกว่าพันธุ์ทองดี และสามารถพบอาการได้ตั้งแต่ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน ถึง 84 เปอร์เซ็นต์ จากสวนคุณอุดม และพบจำนวนผลที่เกิดอาการ 100 เปอร์เซ็นต์ หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน ทั้ง 2 สวน โดยพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีค่าเฉลี่ยความรุนแรงของอาการเท่ากับ 38.8 และ 16.8 เปอร์เซ็นต์ จากสวนคุณอุดม และคุณสมศักดิ์ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารของผลส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวหลังระยะที่เหมาะสม 1 เดือน มีความแปรปรวนมากกว่าผลที่เก็บเกี่ยวก่อนหน้านั้น (แสดงด้วยค่าต่ำสุดและสูงสุดในวงเล็บ) โดยอาการเนื้อข้าวสารที่พบในก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน มีลักษณะเหมือนกับที่พบเมื่อเก็บเกี่ยวผลตรงตามระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และหลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน แต่จะพบกุ้งที่มีลักษณะเป็นเจลมากกว่า

อาการเนื้อข้าวสารของส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ พบมากบริเวณขั้วผลร่วมกับบริเวณสันกลีบ และพบเป็นส่วนน้อยบริเวณก้นผล หรืออาจพบทั้ง 2 บริเวณร่วมกัน (ภาพที่ 1) ในกรณีที่แสดงอาการอย่างรุนแรงพบว่าเกิดอาการเนื้อข้าวสารทั้งกลีบ โดยอาการเนื้อข้าวสารที่พบในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง กุ้งส้มมีลักษณะขาว แข็ง ขุ่น และแห้ง (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3) เหมือนที่มีรายงานในพืชตระกูลส้ม (Agusti, *et al*., 2004; Landaniya, 2008; Singh, 2001) แต่อาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ ทองดี กรณีที่แสดงอาการเล็กน้อย กุ้งส้มยังมีลักษณะใส แต่ภายในมีเม็ดแข็งๆ ขนาดเล็ก ทำให้สังเกตด้วยตาเปล่าได้ยาก (ภาพที่ 2) ซึ่งการศึกษาอาการเนื้อข้าวสารที่ผ่านมานั้นเป็นการประเมินทางสายตาแล้วให้คะแนนแสดงระดับความรุนแรงอาจทำให้ค่าที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง ในการทดลองนี้ได้ใช้การคัดแยกโดยสัมผัสร่วมด้วยซึ่งทำให้ได้ค่าแม่นยำยิ่งขึ้น ส่วนกรณีที่เนื้อส้มโอแสดงอาการเนื้อข้าวสารอย่างรุนแรง ภายในกุ้งส้มมีลักษณะเป็นก้อนแข็ง และเมื่อบีบจะทำให้ก้อนแข็งนี้ทะลุออกมาจากกุ้งส้มได้ สีกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารไม่สดใส (ภาพที่ 3) และมีความแน่นเนื้อมากกว่าเนื้อปกติ โดยมีจำนวนกุ้งขนาดยาว และสั้นอยู่พอๆ กัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ากุ้งขนาดยาว และขนาดสั้นมีโอกาสเกิดอาการเนื้อข้าวสารได้เท่าๆ กัน ส้มโอพันธุ์ทองดี จากสวนคุณอุดมมีค่าความแน่นเนื้อกุ้งส้มที่มีอาการเนื้อข้าวสารและกุ้งส้มปกติเท่ากับ 1.0 และ 0.2-0.4 kg/cm^2 ส่วนส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.2-1.5 และ 0.2-0.5 kg/cm^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามลำดับ ส่วนส้มโอพันธุ์ทองดี จากสวนคุณสมศักดิ์ มีค่าความแน่นเนื้อกุ้งส้มที่มีอาการเนื้อข้าวสารและกุ้งส้มปกติเท่ากับ 0.7-0.8 และ 0.2-0.4 kg/cm^2 ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเท่ากับ 0.9-1.2 และ 0.2-0.5 kg/cm^2 ตามลำดับ เนื้อส้มโอปกติมีความแน่นเนื้อของกุ้งส้มลดลงเมื่อเก็บเกี่ยวผลเลยระยะที่เหมาะสมออกไปในส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ จากทั้ง 2 สวน (ตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 การเกิดอาการเนื้อข้าวสาร (%) และความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร (%) ของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณอุดม และสวนคุณสมศักดิ์

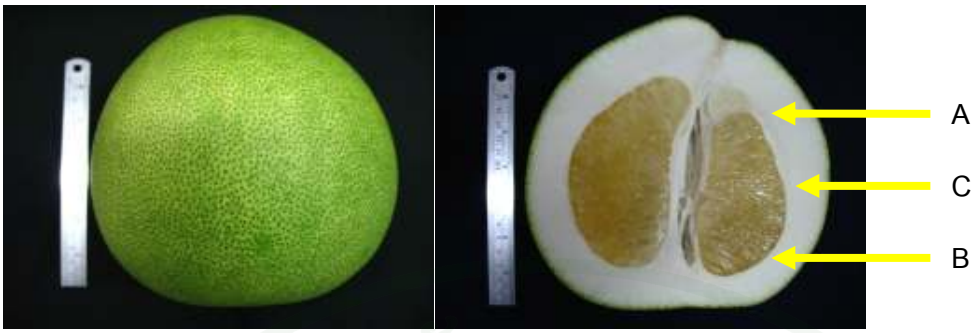
พันธุ์	ระยะเก็บเกี่ยว	ผลที่มีอาการเนื้อข้าวสาร[1/] (%)		ความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร[1/] (%)	
		สวนคุณอุดม	สวนคุณสมศักดิ์	สวนคุณอุดม	สวนคุณสมศักดิ์
ทองดี	1	0c	0b	0d	0b
	2	0c	26.7b	0d	0.3b (0-2.0)
	3	100.0a	73.3a	21.4 (2.8-49.1)	9.8b (0-24.2)
ขาวน้ำผึ้ง	1	84.0b	0d	6.3cd (0-22.9)	0b
	2	100.0a	73.3a	9.8c (2-23.3)	1.7b (0-4.1)
	3	100.0a	100.0a	38.8a (11.5-85.8)	16.8a (3-57.6)
พันธุ์ (A)		**	**	**	*
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		**	**	**	**
A x B		**	*	*	*

ค่าในวงเล็บแสดงถึงค่าความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสาร (%) ต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

*, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

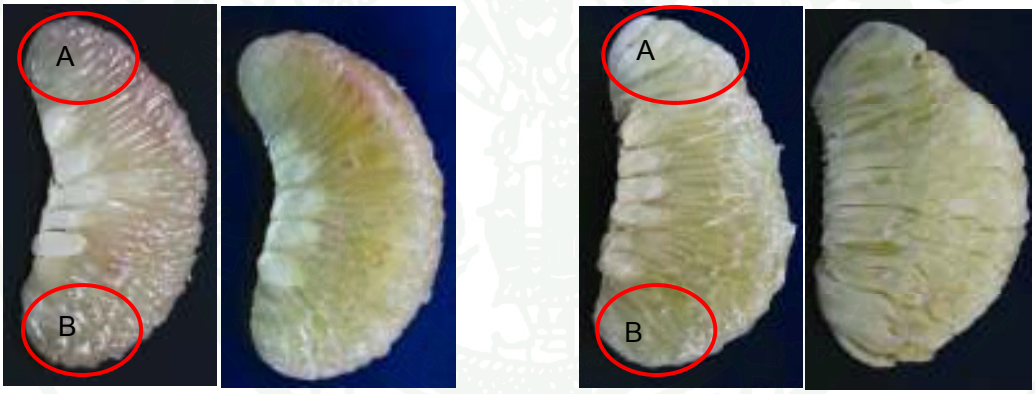


ภาพที่ 1 ตำแหน่งผลส้มโอ ที่พบอาการเนื้อข้าวสาร

A. เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผลพบอาการเนื้อข้าวสารมากที่สุด

B. เนื้อบริเวณก้นผลพบอาการเนื้อข้าวสารเล็กน้อย

C. เนื้อบริเวณกึ่งกลางผลพบอาการเนื้อข้าวสารในกรณีที่แสดงอาการอย่างรุนแรง



เล็กน้อย รุนแรง เล็กน้อย รุนแรง

ทองดี ขาวน้ำผึ้ง

ภาพที่ 2 ระดับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารในผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง บริเวณที่เกิดอาการเนื้อข้าวสาร

A. เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผล B. เนื้อบริเวณก้นผล

ส้มโอพันธุ์ทองดีกรณีที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารเล็กน้อย กุ้งส้มมีลักษณะใส แต่ภายในพบว่ามีก้อนแข็งขนาดเล็ก ซึ่งตรวจสอบด้วยตาเปล่าได้ยาก ส่วนส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารเล็กน้อย กุ้งส้มจะมีสีขาวขุ่น สังเกตอาการได้ง่ายกว่าพันธุ์ทองดี กรณีที่แสดงอาการอย่างรุนแรงพบว่าเกิดอาการเนื้อข้าวสารทั้งกลีบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทองดี ขาวน้ำผึ้ง

ภาพที่ 3 ลักษณะกุ้งส้มที่แสดงลักษณะอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ส้มโอพันธุ์ทองดี กุ้งส้มที่มีอาการเนื้อข้าวสารมีลักษณะ ขุ่น ภายในกุ้งส้มมีก้อนแข็ง ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง กุ้งส้มที่มีอาการเนื้อข้าวสารมีลักษณะ ขาว แข็ง ขุ่น และแห้ง และรูปร่างที่ผิดปกติไปจากเดิม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ความแน่นเนื้อของกุ้งส้มปกติและกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารทั้งกุ้งส้มขนาดยาวและสั้นของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณอุดม

		ความแน่นเนื้อของกุ้งส้ม (kg/cm^2)			
	ระยะ	ปกติ		เนื้อข้าวสาร	
พันธุ์	เก็บเกี่ยว	ยาว	สั้น	ยาว	สั้น
ทองดี	1	0.4	0.4	-	-
	2	0.3	0.2	-	-
	3	0.2	0.2	1.0	1.0
ขาวน้ำผึ้ง	1	0.5	0.5	1.3	1.2
	2	0.5	0.4	1.5	1.5
	3	0.2	0.2	1.2	1.2

- ไม่พบอาการเนื้อข้าวสาร

หมายเหตุ ไม่ได้วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ความแน่นเนื้อของกุ้งส้มปกติและกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารทั้งกุ้งส้มขนาดยาวและสั้นของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณสมศักดิ์

		ความแน่นเนื้อของกุ้งส้ม (kg/cm^2)			
	ระยะ	ปกติ		เนื้อข้าวสาร	
พันธุ์	เก็บเกี่ยว	ยาว	สั้น	ยาว	สั้น
ทองดี	1	0.4	0.3	-	-
	2	0.3	0.3	0.7	0.7
	3	0.2	0.2	0.8	0.8
ขาวน้ำผึ้ง	1	0.5	0.5	-	-
	2	0.5	0.5	1.2	1.2
	3	0.2	0.2	0.9	0.9

- ไม่พบอาการเนื้อข้าวสาร

หมายเหตุ ไม่ได้วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส้มโอพันธุ์ทองดีจากสวนคุณอุดม มีขนาดผล และน้ำหนักผลน้อยกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีเปอร์เซ็นต์เปลือกน้อยกว่า และเปอร์เซ็นต์เนื้อมากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ขนาดผล และน้ำหนักผลของส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์เปลือก และเปอร์เซ็นต์เนื้อมีค่าค่อนข้างคงที่ในแต่ละระยะการเก็บเกี่ยว ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ส้มโอพันธุ์ทองดีพบความสูงผลเท่ากับ 12.9-14.1 เซนติเมตร เส้นรอบวงเท่ากับ 48.0-51.3 เซนติเมตร น้ำหนักผลเท่ากับ 1,188.4-1,461.2 กรัม เปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 29.1-35.9 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เนื้อเท่ากับ 53.5-59.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบความสูงผลเท่ากับ 16.2-17.8 เซนติเมตร เส้นรอบวงเท่ากับ 53.5-59.3 เซนติเมตร น้ำหนักผลเท่ากับ 1,632.0-2,215.6 กรัม เปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 39.5-43.4 เปอร์เซ็นต์ และ เปอร์เซ็นต์เนื้อเท่ากับ 49.9-53.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ส้มโอพันธุ์ทองดีจากสวนคุณสมศักดิ์ มีขนาดผล และน้ำหนักผลน้อยกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเช่นกัน แต่เปอร์เซ็นต์เปลือกและเปอร์เซ็นต์เนื้อไม่ต่างกันระหว่าง 2 พันธุ์ ขนาดผลและน้ำหนักผลของส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์เปลือกมีค่าค่อนข้างคงที่ในแต่ละระยะการเก็บเกี่ยว แต่เปอร์เซ็นต์เนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ส้มโอพันธุ์ทองดีพบความสูงผลเท่ากับ 12.9-13.4 เซนติเมตร เส้นรอบวงเท่ากับ 47.5-56.4 เซนติเมตร น้ำหนักผลเท่ากับ 1,274.0-1,519.3 กรัม เปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 24.7-29.9 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เนื้อเท่ากับ 58.9-68.3 เปอร์เซ็นต์ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบความสูงผลเท่ากับ 15.0-17.0 เซนติเมตร เส้นรอบวงเท่ากับ 48.3-53.1 เซนติเมตร น้ำหนักผลเท่ากับ 1,452.7-2,142.7 กรัม เปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 25.6-29.3 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เนื้อเท่ากับ 61.9-65.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักผล สัดส่วนของเปลือก (%) และเนื้อ (%) โดยน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณอุดม

พันธุ์	ระยะเก็บเกี่ยว	ความสูง[1/] (cm)	เส้นรอบวง[1/] (cm)	น้ำหนัก[1/] (g)	เปลือก[1/] (%)	เนื้อ[1/] (%)
ทองดี	1	12.9d	48.3d	1,236.8d	35.9bc	53.5bc
	2	13.2cd	48.0d	1,188.4d	35.0c	59.5a
	3	14.1c	51.3c	1,461.2c	29.1d	57.5ab
ขาวน้ำผึ้ง	1	16.2b	53.5bc	1,632.0bc	39.5ab	49.9c
	2	16.9ab	55.4b	1,777.6b	41.3a	51.5c
	3	17.8a	59.3a	2,215.6a	43.4a	53.6bc
พันธุ์ (A)		**	**	**	**	**
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		**	**	**	**	**
A x B		ns	ns	**	**	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักผล สัดส่วนของเปลือก (%) และเนื้อ (%) โดยน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณสมศักดิ์

พันธุ์	ระยะเก็บเกี่ยว	ความสูง[1/] (cm)	เส้นรอบวง[1/] (cm)	น้ำหนัก[1/] (g)	เปลือก[1/] (%)	เนื้อ[1/] (%)
ทองดี	1	13.4c	47.5d	1,274.0d	29.9a	58.9d
	2	12.9c	48.5cd	1,519.3c	24.9c	60.2cd
	3	13.1c	56.4a	1,503.3c	24.7c	68.3a
ขาวน้ำผึ้ง	1	15.0b	48.3cd	1,452.7cd	25.6b	65.3ab
	2	16.7a	53.1b	1,794.7b	29.3ab	61.9cd
	3	17.0a	50.5c	2,142.7a	27.9abc	63.6bc
พันธุ์ (A)		**	ns	**	ns	ns
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		**	**	**	ns	**
A x B		**	**	**	**	**

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สีของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทองดี จากสวนคุณอุดม สีเขียว (-a) มีค่ามากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง แต่ค่าความสว่าง (L) และสีเหลือง (+b) ไม่ต่างกันระหว่าง 2 พันธุ์ และมีความหนาเปลือกน้อยกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ค่าความสว่าง (L) สีเขียว (-a) และสีเหลือง (+b) ของเปลือกผลส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น แต่ความหนาเปลือกของส้มโอแต่ละพันธุ์มีค่าไม่ต่างกันในแต่ละระยะการเก็บเกี่ยว ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ส้มโอพันธุ์ทองดีพบค่าความสว่าง (L) ของเปลือกผลเท่ากับ 50.8-58.7 สีเหลือง (+b) เท่ากับ 31.7-36.9 สีเขียว (-a) เท่ากับ -11.9 ถึง -10.6 และความหนาเปลือกเท่ากับ 1.3-1.4 เซนติเมตร ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบค่าความสว่าง (L) ของเปลือกผลเท่ากับ 51.0-58.3 สีเหลือง (+b) เท่ากับ 31.9-36.1 สีเขียว (-a) เท่ากับ -13.1 ถึง -11.2 และความหนาเปลือกเท่ากับ 2.0-2.3 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ส้มโอพันธุ์ทองดีสวนคุณสมศักดิ์ ค่าความสว่าง (L) สีเขียว (-a) และสีเหลือง (+b) ของเปลือกผล และความหนาเปลือกมีค่าน้อยกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ค่าความสว่าง (L) สีเขียว (-a) และสีเหลือง (+b) ของเปลือกผลส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้นแต่ความหนาเปลือกของส้มโอแต่ละพันธุ์มีค่าไม่ต่างกันในแต่ละระยะการเก็บเกี่ยว ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ส้มโอพันธุ์ทองดีพบค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 44.4-57.0 สีเหลือง (+b) เท่ากับ 30.3-36.3 สีเขียว (-a) เท่ากับ -19.1 ถึง -11.9 และความหนาเปลือกเท่ากับ 0.9-1.1 เซนติเมตร ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 39.8-58.8 สีเหลือง (+b) เท่ากับ 33.9-37.3 สีเขียว (-a) เท่ากับ -12.0 ถึง -9.1 และความหนาเปลือกเท่ากับ 1.0-1.3 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 สีเปลือก และความหนาของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณอุดม

พันธุ์	ระยะเก็บเกี่ยว	สีเปลือก[1/] L[2/]	a[2/]	b[2/]	ความหนาเปลือก (cm)[1/]
ทองดี	1	50.8c	-11.9b	31.7b	1.3b
	2	54.9b	-10.5c	34.1ab	1.4b
	3	58.7a	-10.6c	36.9a	1.4b
ขาวน้ำผึ้ง	1	51.0c	-13.1a	31.9b	2.0a
	2	55.7ab	-11.2bc	36.1a	2.2a
	3	58.3ab	-12.2ab	35.8a	2.3a
พันธุ์ (A)		ns	**	ns	**
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		**	**	**	ns
A x B		ns	ns	ns	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

[2/] L = ค่าความสว่าง (brightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white) a ประกอบด้วย +a = แดง (red) –a = เขียว (green) และ b ประกอบด้วย +b = เหลือง (yellow) –b = น้ำเงิน (blue)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 สีเปลือก และความหนาของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณสมศักดิ์

พันธุ์	ระยะเก็บเกี่ยว	สีเปลือก[1/] L[2/]	a[2/]	b[2/]	ความหนาเปลือก (cm)[1/]
ทองดี	1	52.6b	-13.5b	32.6cd	1.1abc
	2	44.4c	-19.1a	30.3d	0.9d
	3	57.0a	-11.9c	36.3ab	0.9cd
ขาวน้ำผึ้ง	1	43.6c	-10.1d	33.9bc	1.0bcd
	2	39.8d	-9.1d	37.3a	1.3a
	3	58.8a	-12.0bc	37.0a	1.2ab
พันธุ์ (A)		**	**	**	**
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		**	**	**	ns
A x B		**	**	**	**

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

[2/] L = ค่าความสว่าง (brightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white) a ประกอบด้วย +a = แดง (red) –a = เขียว (green) และ b ประกอบด้วย +b = เหลือง (yellow) –b = น้ำเงิน (blue)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของส้มโอพันธุ์ทองดี สวนคุณอุดมมีค่าต่ำกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง แต่ TSS/TA ไม่ต่างกันระหว่าง 2 พันธุ์ ส้มโอทั้ง 2 พันธุ์มีค่า TSS ไม่ต่างกันในแต่ละระยะการเก็บเกี่ยว ขณะที่ TA มีแนวโน้มลดลง แต่ TSS/TA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ส้มโอพันธุ์ทองดีพบค่า TSS เท่ากับ 9.8-10.2 °brix TA เท่ากับ 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ และ TSS/TA เท่ากับ 12.5-22.2 ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบค่า TSS เท่ากับ 10.2-10.8 °brix TA เท่ากับ 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ และ TSS/TA เท่ากับ 12.5-20.2 ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ค่า TSS ของส้มโอพันธุ์ทองดี สวนคุณสมศักดิ์ มีค่ามากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง แต่ TA และ TSS/TA ไม่ต่างกันระหว่าง 2 พันธุ์ ในแต่ละระยะการเก็บเกี่ยว TSS ของส้มโอพันธุ์ทองดีมีค่าไม่ต่างกัน แต่พันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ซึ่งส้มโอทั้ง 2 พันธุ์นั้น TA มีแนวโน้มลดลง แต่ TSS/TA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ส้มโอพันธุ์ทองดีพบค่า TSS เท่ากับ 11.1-11.7 °brix TA เท่ากับ 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ และ TSS/TA เท่ากับ 14.7-22.6 ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบค่า TSS เท่ากับ 10.2-11.4 °brix TA เท่ากับ 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ และ TSS/TA เท่ากับ 14.5-22.2 ตามลำดับ (ตารางที่ 10) นอกจากนี้ยังพบว่าผลผลิตส้มโอทั้ง 2 พันธุ์จากทั้ง 2 สวน หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน เนื้อมีกลิ่นหมักซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และ TSS/TA ของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณคุณอุดม

พันธุ์	ระยะเก็บเกี่ยว	TSS[1/] (°brix)	TA[1/] (%)	TSS/TA[1/]
ทองดี	1	10.2b	0.8a	12.5c
	2	9.8b	0.6bc	17.6b
	3	9.9b	0.5d	22.2a
ขาวน้ำผึ้ง	1	10.2b	0.8a	12.5c
	2	10.8a	0.6b	17.7b
	3	10.3ab	0.5cd	20.2a
พันธุ์ (A)		**	**	ns
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		ns	**	**
A x B		**	ns	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และ TSS/TA ของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จากสวนคุณสมศักดิ์

พันธุ์	ระยะเก็บเกี่ยว	TSS[1/] (°brix)	TA[1/] (%)	TSS/TA[1/]
ทองดี	1	11.7a	0.8a	14.7c
	2	11.3a	0.6cd	20.4ab
	3	11.1a	0.5d	22.6a
ขาวน้ำผึ้ง	1	10.9ab	0.8ab	14.5c
	2	11.4a	0.7bc	17.5bc
	3	10.2b	0.5d	22.2a
พันธุ์ (A)		**	ns	ns
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		**	**	**
A x B		ns	ns	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอปกติของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ในผลที่มีระดับความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสาร น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ 5 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จาก 2 สวน พบว่าในเนื้อส้มโอจากผลที่มีระดับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารต่างกัน มี K Ca และ Mg มีค่าใกล้เคียงกันในสวนคุณอุดม แต่ในสวนคุณสมศักดิ์ค่านั้นมีความแปรปรวน ส่วน Na ในเนื้อส้มโอจากผลที่มีระดับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารต่างกันมีค่าใกล้เคียงกัน ส้มโอพันธุ์ทองดีจากสวนคุณอุดม มี N ในเนื้อเท่ากับ 0.9-1.1 เปอร์เซ็นต์ K เท่ากับ 1.4-1.9 เปอร์เซ็นต์ Ca เท่ากับ 1.3-4.3 เปอร์เซ็นต์ Mg เท่ากับ 576.8-960.0 mg/kg และ Na เท่ากับ 239.8-830.3 mg/kg ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมี N ในเนื้อเท่ากับ 0.9-1.0 เปอร์เซ็นต์ K เท่ากับ 1.4 เปอร์เซ็นต์ Ca เท่ากับ 3.2-4.8 เปอร์เซ็นต์ Mg เท่ากับ 615.8-914.2 mg/kg และ Na เท่ากับ 499.7-931.4 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 11) ส้มโอพันธุ์ทองดีจากสวนคุณสมศักดิ์ มี N ในเนื้อเท่ากับ 0.9-1.0 เปอร์เซ็นต์ K เท่ากับ 1.3-1.4 เปอร์เซ็นต์ Ca เท่ากับ 1.2-2.9 เปอร์เซ็นต์ Mg เท่ากับ 518.8-903.0 mg/kg และ Na เท่ากับ 468.6-646.2 mg/kg ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมี N ในเนื้อเท่ากับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ K เท่ากับ 1.3 เปอร์เซ็นต์ Ca เท่ากับ 1.0-4.9 เปอร์เซ็นต์ Mg เท่ากับ 409.4-742.8 mg/kg และ Na เท่ากับ 369.8-694.1 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อสัมโอ 2 พันธุ์จากผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงแตกต่างกัน จากสวนคุณอุดม

ความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร (%)	ทองดี					ขาวน้ำผึ้ง				
	N (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	N (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)
< 5	1.1	1.9a[1/]	1.3	576.8	239.8	1.0	1.4	4.8	914.2	931.4
5-20	0.9	1.4b	4.3	960.0	830.3	0.9	1.4	3.2	615.8	499.7
> 20	0.9	1.5ab	2.9	748.2	393.7	1.0	1.4	3.7	720.2	619.7
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอ 2 พันธุ์จากผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงแตกต่างกัน จากสวนคุณสมศักดิ์

ความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร (%)	ทองดี					ขาวน้ำผึ้ง				
	N (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	N (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)
< 5	0.9	1.4	1.2b[1/]	546.6b[1/]	468.6	1.0	1.3	1.5b[1/]	542.8	492.8
5-20	1.0	1.3	2.9a	903.0a	646.2	1.0	1.3	4.9a	742.8	694.1
> 20	1.0	1.3	1.4ab	518.8b	617.9	1.0	1.3	1.0b	409.4	369.8
F-test	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	*	ns	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

*,** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารในผลส้มโอกับกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสาร พบว่าระดับธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง ทั้ง 2 สวน มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารต่ำ (ตารางที่ 13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารกับระดับของธาตุต่างๆ ในเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง จาก 2 สวน

ธาตุ	อุดม		สมศักดิ์	
	ทองดี	ขาวน้ำผึ้ง	ทองดี	ขาวน้ำผึ้ง
N	-0.1	0.3	0.4	0.3
K	-0.3	0.1	-0.3	0.2
Ca	0.1	-0.1	-0.1	-0.2
Mg	0.1	-0.2	-0.2	-0.3
Na	0.0	-0.3	0.3	-0.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะกายภาพผลส้มโอ 2 พันธุ์จาก 2 สวน พบว่า สวนคุณอุดม อาการเนื้อข้าวสารมีความสัมพันธ์กับลักษณะกายภาพผลมากกว่าสวนคุณสมศักดิ์ โดยความสูงผล เส้นรอบวงน้ำหนักผล และความสว่างของสีเปลือกผลที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น มีค่า r เท่ากับ 0.50 0.44 0.45 และ 0.49 ตามลำดับ ซึ่งเห็นชัดเจนในส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ และสีเหลืองของเปลือกผลในพันธุ์ทองดีที่เพิ่มขึ้น ก็มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน มีค่า r เท่ากับ 0.46 แต่สวนคุณสมศักดิ์ในส้มโอพันธุ์ทองดี เส้นรอบวงที่เพิ่มขึ้น และความหนาของเปลือกที่ลดลง มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารเพิ่มขึ้น มีค่า r เท่ากับ 0.39 และ -0.38 ตามลำดับ อาจเป็นไปได้ว่า ในดินของสวนคุณสมศักดิ์มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (P) และแมกนีเซียม (Mg) อยู่มากกว่าสวนคุณอุดมจึงทำให้เปลือกผลส้มโอบางกว่า สอดคล้องกับที่มีรายงานในส้มโชกุน (อิสริยาภรณ์, 2550) และเนื้อผลก็ยังพัฒนาต่อซึ่งพบว่ามีเปอร์เซ็นต์เนื้อเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ในขณะที่เริ่มพบอาการเนื้อข้าวสารเมื่อเก็บเกี่ยวผลตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมและเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้ความหนาเปลือกที่ลดลงในพันธุ์ทองดีมีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น ส่วนในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พบว่าความสูงผล และน้ำหนักผลที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่า r เท่ากับ 0.50 และ 0.70 ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะกายภาพต่างๆ ของผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง จาก 2 สวน

	อุดม		สมศักดิ์	
	ทองดี	ขาวน้ำผึ้ง	ทองดี	ขาวน้ำผึ้ง
ความสูงผล (cm)	0.50**	0.28**	0.08	0.50**
เส้นรอบวง (cm)	0.44**	0.47**	0.39**	0.20
น้ำหนักผล (g)	0.45**	0.54**	0.27	0.71**
สีเปลือก				
L (ความสว่าง)	0.49**	0.43**	0.21	0.65**
-a (สีเขียว)	-0.23	-0.02	-0.12	0.33*
b (สีเหลือง)	0.46**	0.15	0.25	0.13
ความหนาเปลือก (cm)	0.09	0.16	-0.38*	0.16

*, ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองย่อยที่ 1.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุผลที่เก็บเกี่ยวกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่

ข้อมูลสภาพสวน และการจัดการ

สวนคุณถนอมจิต บุตรราช 9 ม.3 ต.บางสะแก อ. บางคนที จ.สมุทรสงคราม

สภาพสวนเป็นแบบยกร่องแถวเดี่ยวสลับกับแถวคู่ ดินร่วนเหนียว มีการปลูกต้นส้มโอแบบแถวคู่ระยะห่างระหว่างต้น 6 เมตร ต้นส้มโออายุประมาณ 15 ถึง 17 ปี ทรงพุ่มกว้างโดยเฉลี่ย 6.1 x 6.6 เมตร เส้นรอบวงลำต้นโดยเฉลี่ย 61 เซนติเมตร การดูแลรักษา มีการใส่ปูนเพื่อปรับลดสภาพความเป็นกรดของดิน มีการใส่ปุ๋ยบำรุงต้นสูตร 25-7-7 อัตรา 300 ถึง 400 กรัม/ต้น เดือนละครั้ง มีการกระตุ้นการออกดอกโดยให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ทางดิน อัตรา 1 กิโลกรัม/ต้น ปุ๋ยคอก ให้มูลค้างคาว มูลวัว หมุนเวียนกันไป ใส่ปีละ 1 ครั้ง 15 ถึง 20 กิโลกรัม/ต้น เพื่อบำรุงผล ก่อนเก็บผลผลิตประมาณ 1 ถึง 2 เดือนให้ ขี้แดดนาเกลือ ต้นละประมาณ 1 ถึง 2 กิโลกรัม ไว้ผลผลิต 2 รุ่น คือรุ่นปี เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคมและรุ่นทะวาย เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนเมษายน ไว้ผลรุ่นหลักประมาณ 40 ถึง 50 ผลต่อต้น รุ่นทะวายประมาณ 25 ถึง 35 ผลต่อต้น

จากข้อมูลสภาพสวนและการจัดการเบื้องต้น การไว้ผลผลิตส้มโอต่อต้นประมาณ 65 ถึง 85 ผล ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ทำให้ต้นทรุดโทรมและให้ผลผลิตดีมีคุณภาพเทียบกับคำแนะนำ พบว่าต้นส้มโอที่อายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป สามารถไว้ผลได้ 100 ถึง 120 ผลต่อปี (สมคิด, 2548)

ผลวิเคราะห์ดินแปลงปลูกส้มโอ

จากการวิเคราะห์สมบัติดินในแปลงปลูก ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นส้มโอมีผลพร้อมเก็บเกี่ยวอยู่บนต้น พบว่ามีปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย (6.1 ถึง 6.5) สภาพการนำไฟฟ้ามีค่าต่ำ (0.2 dS/cm) ไม่มีปัญหาดินเค็ม มีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับค่อนข้างต่ำ (1.1 ถึง 1.5 เปอร์เซ็นต์) อาจเนื่องจากการเก็บตัวอย่างดินของการทดลองนี้ ทำให้ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งห่างจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์บำรุงดินครั้งก่อนไม่น้อยกว่า 6 เดือน อินทรียวัตถุส่วนใหญ่จึงถูกย่อยสลายไป ทำให้ค่าที่ได้ต่ำกว่าที่สุขะวัฒน์ (2554) ได้รายงานไว้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง (26 ถึง 45 mg/kg) โพแทสเซียมอยู่ในระดับสูงมาก (มากกว่า 120 mg/kg) แคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับสูง (ช่วงค่าที่พบระหว่าง 2,000 ถึง 4,000 และ 360 ถึง 960 mg/kg ตามลำดับ) (งานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์, 2549) (ตารางที่ 15) และมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง (70 ถึง 200 mg/kg) (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าปริมาณธาตุอาหารในดินอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ซึ่งการใส่ขี้แดดนาเกลือนั้นนอกจากจะเพิ่มธาตุ โซเดียมในดินแล้วยังเพิ่ม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมอีกด้วย (นันทนิตย์, 2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ค่า pH สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ของสวนส้มโอ ที่อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม

สมบัติดิน							
pH (1:2.5)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)
6.1	0.2	1.4	31.7	304.8	2924.5	915.3	156.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเกิดอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการในส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ รุ่นเดือนมกราคม และรุ่นเดือนเมษายนเก็บเกี่ยวที่อายุผลต่างกัน 3 ระยะ

ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคม และรุ่นเดือนเมษายนมีจำนวนผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการไม่แตกต่างกัน โดยส้มโอทั้ง 2 รุ่น มีแนวโน้มพบจำนวนผลที่มีอาการเนื้อข้าวสารและแสดงความรุนแรงของอาการมากขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น มีลักษณะและรูปแบบการเกิดของอาการเนื้อข้าวสารเหมือนกับที่พบในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (ภาพที่ 4) ซึ่งความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารในผลที่เก็บเกี่ยวหลังระยะที่เหมาะสม 1 เดือน มีความแปรปรวนมากกว่าผลที่เก็บเกี่ยวในระยะอื่น ทั้ง 2 รุ่น โดยรุ่นเดือนมกราคมมีค่าความรุนแรงของอาการอยู่ในช่วง 4.5-81.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแปรปรวนมากกว่ารุ่นเดือนเมษายนซึ่งมีค่าความรุนแรงของอาการอยู่ในช่วง 1.9-62.1 เปอร์เซ็นต์ และพบอาการเนื้อข้าวสารได้ตั้งแต่ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน (ตารางที่ 16) ซึ่งความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารที่พบในส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ในการทดลองนี้นั้นใกล้เคียงกับที่พบในพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง แต่มากกว่าพันธุ์ทองดีเมื่อเทียบกับการทดลองที่ผ่านมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 การเกิดอาการเนื้อข้าวสาร (%) และความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสาร (%) ของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคม และรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน

รุ่น	ระยะเก็บเกี่ยว	ผลที่มีอาการเนื้อข้าวสาร[1/] (%)	ความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร[1/] (%)
มกราคม	1	84.0b	5.0b (0-10.4)
	2	100.0a	8.6b (0-14.2)
	3	100.0a	24.1a (4.5-81.7)
เมษายน	1	92.0a	4.7b (0-15.4)
	2	88.0ab	9.0b (0-38.8)
	3	100.0a	13.9b (1.9-62.1)
รุ่น (A)		ns	ns
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		*	**
A x B		ns	ns

ค่าในวงเล็บแสดงถึงค่าความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสาร (%) ต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

*, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เล็กน้อย รุนแรง

ภาพที่ 4 ระดับความรุนแรง และลักษณะกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่

บริเวณที่เกิดอาการเนื้อข้าวสาร

A. เนื้อบริเวณใกล้ขั้วผล B. เนื้อบริเวณก้นผล

กรณีที่แสดงอาการอย่างรุนแรงพบว่าเกิดอาการเนื้อข้าวสารทั้งกลีบ

ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่กุ้งส้มที่มีอาการเนื้อข้าวสารมีลักษณะ ขาว แข็ง ขุ่น และแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กุ้งส้มขนาดยาว และขนาดสั้นของส้มโอขาวใหญ่ ทั้ง 2 รุ่น ที่มีอาการเนื้อข้าวสาร มีความแน่นเนื้อมากกว่าเนื้อปกติ ในส้มโอรุ่นเดือนมกราคม พบว่ากุ้งส้มที่มีอาการเนื้อข้าวสาร และกุ้งส้มปกติมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.1-1.3 และ 0.2-0.5 kg/cm^2 ตามลำดับ ส่วนส้มโอรุ่นเดือนเมษายน พบว่ากุ้งส้มที่มีอาการเนื้อข้าวสาร และกุ้งส้มปกติมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 1.0-1.2 และ 0.2-0.5 kg/cm^2 ตามลำดับ โดยในเนื้อส้มโอปกติ ความแน่นเนื้อของกุ้งส้มนั้นมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ในทั้ง 2 รุ่น (ตารางที่ 17)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ความแน่นเนื้อของกุ้งส้มปกติ และกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสาร ทั้งกุ้งส้มขนาดยาว และสั้นของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคม และรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน

		ความแน่นเนื้อของกุ้งส้ม (kg/cm^2)			
	ระยะ	ปกติ		เนื้อข้าวสาร	
รุ่น	เก็บเกี่ยว	ยาว	สั้น	ยาว	สั้น
มกราคม	1	0.5	0.5	1.2	1.1
	2	0.4	0.4	1.3	1.3
	3	0.2	0.2	1.2	1.2
เมษายน	1	0.5	0.4	1.2	1.2
	2	0.4	0.3	1.0	1.1
	3	0.2	0.2	1.0	1.1

หมายเหตุ ไม่ได้วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคม มีขนาดผล และน้ำหนักผลไม่ต่างกับรุ่นเดือนเมษายน มีเปอร์เซ็นต์เปลือกน้อยกว่าแต่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อมากกว่ารุ่นเดือนเมษายน ซึ่งส้มโอทั้ง 2 รุ่น ขนาดผล และน้ำหนักผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น โดยเปอร์เซ็นต์เปลือก และเปอร์เซ็นต์เนื้อไม่ต่างกันในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยว ยกเว้นเปอร์เซ็นต์เนื้อรุ่นเดือนเมษายนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ รุ่นเดือนมกราคมพบความสูงผลเท่ากับ 15.4-17.0 เซนติเมตร เส้นรอบวงเท่ากับ 50.5-55.6 เซนติเมตร น้ำหนักผลเท่ากับ 1,396.0-1,882.4 กรัม เปอร์เซ็นต์เนื้อเท่ากับ 53.4-56.8 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 37.0-41.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รุ่นเดือนเมษายนพบความสูงผลเท่ากับ 15.6-16.2 เซนติเมตร เส้นรอบวงเท่ากับ 50.9-52.3 เซนติเมตร น้ำหนักผลเท่ากับ 1,408.0-1,624.4 กรัม เปอร์เซ็นต์เนื้อเท่ากับ 48.0-52.2 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 38.9-44.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักผล สัดส่วนของเปลือก (%) และเนื้อ (%) โดยน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคม และรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยวคือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน

รุ่น	ระยะเก็บเกี่ยว	ความสูง[1/] (cm)	เส้นรอบวง[1/] (cm)	น้ำหนัก[1/] (g)	เปลือก[1/] (%)	เนื้อ[1/] (%)
มกราคม	1	15.4b	50.5b	1,396.0b	37.0b	53.4ab
	2	15.9ab	51.7b	1,521.6b	37.3b	56.8a
	3	17.0a	55.6a	1,882.4a	41.8ab	54.8ab
เมษายน	1	15.6a	50.9b	1,408.0b	44.6a	48.0c
	2	16.2ab	52.3b	1,624.4ab	40.4ab	52.2abc
	3	15.6a	50.9b	1,482.0b	38.9b	51.8bc
รุ่น (A)		ns	ns	ns	*	**
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		*	**	**	ns	**
A x B		**	**	**	**	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

*, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สีของเปลือกผลส้มโอขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคม พบว่าสีเขียว (-a) มีค่าน้อยกว่ารุ่นเดือนเมษายน แต่มีค่าความสว่าง (L) และ สีเหลือง (+b) มากกว่ารุ่นเดือนเมษายน และมีความหนาของเปลือกน้อยกว่ารุ่นเดือนเมษายน โดยส้มโอทั้ง 2 รุ่น ค่าความสว่าง (L) และ สีเหลือง (+b) ของเปลือกผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยว แต่สีเขียว (-a) รุ่นเดือนมกราคมมีแนวโน้มไม่ชัดเจน ส่วนรุ่นเดือนเมษายนมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ความหนาเปลือกมีค่าไม่ต่างกันในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยว ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ รุ่นเดือนมกราคมพบค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 50.3-58.4 สีเหลือง (+b) เท่ากับ 35.5-39.9 สีเขียว (-a) เท่ากับ -17.8 ถึง -8.8 และความหนาเปลือกเท่ากับ 1.6-1.9 เซนติเมตร ตามลำดับ รุ่นเดือนเมษายนพบค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 49.7-53.9 สีเหลือง (+b) เท่ากับ 30.1-34.3 สีเขียว (-a) เท่ากับ -12.7 ถึง -11.7 และความหนาเปลือกเท่ากับ 1.8-2.1 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 สีเปลือก และความหนาของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมและรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยว คือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน

รุ่น	ระยะเก็บเกี่ยว	สีเปลือก[1/]			ความหนาเปลือก (cm)[1/]
		L[2/]	a[2/]	b[2/]	
มกราคม	1	55.2ab	-13.5b	35.5b	1.7b
	2	50.3cd	-17.8a	36.5b	1.6b
	3	58.4a	-8.8d	39.9a	1.9ab
เมษายน	1	49.7d	-12.7bc	30.1c	2.1a
	2	51.0cd	-11.7c	33.5b	1.9ab
	3	53.9bc	-11.8c	34.3b	1.8ab
รุ่น (A)		**	**	**	*
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		**	**	**	ns
A x B		**	**	ns	*

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

*, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

[2/] L = ค่าความสว่าง (brightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white) a ประกอบด้วย +a = แดง (red) –a = เขียว (green) และ b ประกอบด้วย +b = เหลือง (yellow) –b = น้ำเงิน (blue)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และ TSS/TA ของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมมีค่าต่ำกว่ารุ่นเดือนเมษายน แต่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) มีค่าสูงกว่ารุ่นเดือนเมษายน ส้มโอทั้ง 2 รุ่น มีค่า TSS ไม่ต่างกันในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยว ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุผลที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่า TSS/TA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ รุ่นเดือนมกราคมพบค่า TSS เท่ากับ 10.8-11.3 °brix TA เท่ากับ 0.6-0.8 เปอร์เซ็นต์ และ TSS/TA เท่ากับ 14.6-17.9 ตามลำดับ รุ่นเดือนเมษายนพบค่า TSS เท่ากับ 11.5-11.8 °brix TA เท่ากับ 0.5-0.7 เปอร์เซ็นต์ และ TSS/TA เท่ากับ 15.8-22.4 ตามลำดับ (ตารางที่ 20) ซึ่งส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ทั้ง 2 รุ่น หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน เนื้อเริ่มมีกลิ่นหมักซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และ TSS/TA ของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคม และรุ่นเดือนเมษายน ที่ 3 ระยะการเก็บเกี่ยวคือ 1) ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน 2) ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และ 3) หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน

รุ่น	ระยะเก็บเกี่ยว	TSS[1/] (°brix)	TA[1/] (%)	TSS/TA[1/]
มกราคม	1	11.3abc	0.8a	14.6d
	2	11.1bc	0.7b	16.3cd
	3	10.8c	0.6c	17.9cd
เมษายน	1	11.5ab	0.7ab	15.8d
	2	11.5ab	0.6c	19.1b
	3	11.8a	0.5d	22.4a
รุ่น (A)		**	**	**
ระยะเก็บเกี่ยว (B)		ns	**	**
A x B		**	ns	**

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ ในผลที่มีระดับความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสาร น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ 5 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จากส้มโอ 2 รุ่น พบว่าในเนื้อส้มโอจากผลที่มีระดับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารต่างกันมี N K Ca Mg และ Na ใกล้เคียงกัน ยกเว้นรุ่นเดือนเมษายน Ca มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารมากขึ้น และพบว่า ธาตุ Ca Mg และ Na มีความแปรปรวนสูง ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ รุ่นเดือนมกราคมมี N เท่ากับ 0.9 เปอร์เซ็นต์ K เท่ากับ 1.1-1.2 เปอร์เซ็นต์ Ca เท่ากับ 0.8-2.0 เปอร์เซ็นต์ Mg เท่ากับ 522.2-702.0 mg/kg และ Na เท่ากับ 524.2-706.0 mg/kg ตามลำดับ รุ่นเดือนเมษายนมี N เท่ากับ 0.8-0.9 เปอร์เซ็นต์ K เท่ากับ 1.1-1.7 เปอร์เซ็นต์ Ca เท่ากับ 0.6-9.5 เปอร์เซ็นต์ Mg เท่ากับ 388.0-751.2 mg/kg และ Na เท่ากับ 454.8-1,071.2 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมและเดือนเมษายนจากผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงแตกต่างกัน

ความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร (%)	มกราคม					เมษายน				
	N (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	N (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)
< 5	0.9	1.1	1.2	553.8	524.2	0.8	1.1	0.6b[1/]	438.8	608.5
5-20	0.8	1.1	0.8	522.2	572.4	0.9	1.1	4.5ab	751.2	1,071.2
> 20	0.9	1.2	2.0	702.0	706.0	0.9	1.2	9.5a	388.0	454.8
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ในรุ่นเดือนเมษายน N K และ Ca ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น และมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.6 0.8 และ 0.6 ตามลำดับ ขณะที่รุ่นเดือนมกราคมพบว่าระดับธาตุต่างๆ กับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารมีความสัมพันธ์ต่ำ (ตารางที่ 22)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารกับระดับของธาตุต่างๆ ในเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ทั้ง 2 รุ่น

ธาตุ	มกราคม	เมษายน
N	0.1	0.6*
K	0.2	0.8**
Ca	0.2	0.6*
Mg	0.2	-0.1
Na	0.3	-0.1

*, ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะทางกายภาพของผลส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ทั้ง 2 รุ่น พบว่ารุ่นเดือนมกราคม อาการเนื้อข้าวสารมีความสัมพันธ์กับลักษณะกายภาพผลมากกว่ารุ่นเดือนเมษายน โดยมีความสูงผล เส้นรอบวง น้ำหนักผล และความหนาเปลือกที่เพิ่มขึ้น แต่สีเขียวของสีเปลือกผลที่ลดลง และมีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.49 0.56 0.59 0.43 และ -0.33 ตามลำดับ ส่วนรุ่นเดือนเมษายนมี ความสูงผล เส้นรอบวง และน้ำหนักผลที่เพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยมีค่า r เท่ากับ 0.32 0.43 และ 0.49 ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะกายภาพต่างๆ ของผลส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ทั้ง 2 รุ่น

	มกราคม	เมษายน
ความสูงผล (cm)	0.49**	0.32**
เส้นรอบวง (cm)	0.56**	0.43**
น้ำหนักผล (g)	0.59**	0.49**
สีเปลือก		
L (ความสว่าง)	0.11	0.09
-a (สีเขียว)	-0.33**	-0.05
b (สีเหลือง)	0.06	0.09
ความหนาเปลือก (cm)	0.43**	0.15

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนโตรเจนในผลกับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้ง

ผลวิเคราะห์ดินจากแปลงปลูกส้มโอ

จากการวิเคราะห์สมบัติดินในแหล่งปลูก ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นส้มโอมีผลพร้อมเก็บเกี่ยวอยู่บนต้น ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อย (6.1 ถึง 6.5) มีสภาพการนำไฟฟ้าต่ำ (0.2 ถึง 0.4 dS/m) ไม่มีปัญหาเรื่องดินเค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุในระดับปานกลาง (1.6 ถึง 2.5 เปอร์เซ็นต์) (งานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์, 2549) ไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำ (250 ถึง 500 mg/kg) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2552) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับสูงมาก (มากกว่า 45 และ 120 mg/kg ตามลำดับ) แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง (2,000 ถึง 4,000 และ 360 ถึง 960 mg/kg ตามลำดับ) (งานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์, 2549) และมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ (10 ถึง 30 mg/kg) (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) (ตารางที่ 24)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 ค่า pH สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ความเข้มข้นของไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ของดินจากสวนส้มโอที่อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

สมบัติดิน								
pH (1:2.5)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)
6.1	0.4	2.5	368.0	77.9	320.8	3222.1	472.1	23.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเกิดอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการในส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ และไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย

ส้มโอที่ได้รับ และไม่ได้รับปุ๋ยยูเรียตั้งแต่อายุผลประมาณ 3 เดือน ถึงระยะเก็บเกี่ยว ในพันธุ์ทองดีพบจำนวนผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสาร และความรุนแรงของอาการน้อยกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ซึ่งในพันธุ์ทองดีพบจำนวนผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารเพิ่มขึ้นจาก 66.7 เป็น 100.0 เปอร์เซ็นต์เมื่อได้รับปุ๋ยยูเรีย ส่วนพันธุ์ขาวน้ำผึ้งผลส้มโอที่ทดสอบทุกผลเกิดอาการเนื้อข้าวสารเมื่อได้รับปุ๋ยยูเรีย โดยส้มโอพันธุ์ทองดีพบความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารเพิ่มขึ้นจาก 3.8 เป็น 15.5 เปอร์เซ็นต์ และในพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพิ่มจาก 8.0 เป็น 44.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 25)

อาการเนื้อข้าวสารของเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง เมื่อได้รับปุ๋ยยูเรียนั้นยังคงสังเกตได้ยาก เพราะกุ้งส้มส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเจลใส แตกต่างจากอาการเนื้อข้าวสารที่พบเมื่อเก็บเกี่ยวส้มโอเลยระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ซึ่งสังเกตได้ชัดเจน อาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี มีลักษณะเป็นก้อนแข็งๆ อยู่ภายในกุ้งส้มเมื่อบีบก้อนแข็งๆ สามารถทะลุออกมาได้ แต่มีขนาดเล็ก ส่วนส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีเพียงส่วนน้อยที่ด้านในของกุ้งส้มแสดงอาการ ขาว แข็ง ขุ่น และแห้ง ส่วนรูปแบบการเกิดอาการเนื้อข้าวสารไม่แตกต่างกับผลที่ไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ซึ่งกุ้งส้มที่มีอาการเนื้อข้าวสารทั้งกุ้งสั้นและกุ้งยาว มีความแน่นเนื้อมากกว่าเนื้อส่วนที่ยังปกติ โดยความแน่นเนื้อของกุ้งส้มโอปกติที่ได้รับและไม่ได้รับยูเรีย ในส้มโอพันธุ์ทองดีอยู่ในช่วง 0.2 และ 0.2-0.3 kg/cm^2 พันธุ์ขาวน้ำผึ้งอยู่ในช่วง 0.4 และ 0.4-0.5 kg/cm^2 ตามลำดับ และความแน่นเนื้อของกุ้งส้มโอที่มีอาการเนื้อข้าวสารที่ได้รับและไม่ได้รับยูเรีย ในส้มโอพันธุ์ทองดีอยู่ในช่วง 0.7-0.8 และ 0.8 kg/cm^2 พันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีค่า 0.8 และ 0.9 kg/cm^2 ตามลำดับ (ตารางที่ 26) จากการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าผลส้มโอที่ไม่ได้รับปุ๋ยยูเรียก็พบอาการเนื้อข้าวสารได้ ส่วนเนื้อที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารมีความแน่นเนื้อมากและสังเกตอาการได้ง่ายกว่าอาการที่พบในผลที่ได้รับยูเรีย แต่ความรุนแรงของอาการน้อยกว่าผลที่ได้รับยูเรีย เป็นไปได้ว่าส้มโอที่ได้รับไนโตรเจนมากขึ้นอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ชักนำให้เกิดอาการเนื้อข้าวสาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 การเกิดอาการเนื้อข้าวสาร (%) และความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร (%) ของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย

พันธุ์	ยูเรีย	ผลที่มีอาการเนื้อข้าวสาร[1/] (%)	ความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร[1/] (%)
ทองดี	+	100.0a	15.5b (1.9-35.2)
	-	66.7b	3.8c (0-10.9)
ขาวน้ำผึ้ง	+	100.0a	44.3a (16.3-100)
	-	100.0a	8.0bc (2.5-19.4)
พันธุ์ (A)		**	**
ยูเรีย (B)		**	**
A x B		**	**

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 ความแน่นเนื้อของกุ้งส้มปกติ และกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสาร ทั้งกุ้งส้มขนาดยาว และสั้นของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย

		ความแน่นเนื้อของกุ้งส้ม (kg/cm^2)			
		ปกติ		เนื้อข้าวสาร	
พันธุ์	ยูเรีย	ยาว	สั้น	ยาว	สั้น
ทองดี	+	0.2	0.2	0.7	0.8
	-	0.3	0.2	0.8	0.8
ขาวน้ำผึ้ง	+	0.4	0.4	0.8	0.8
	-	0.5	0.4	0.9	0.9

หมายเหตุ ไม่ได้วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส้มโอพันธุ์ทองดีมีขนาดผล และน้ำหนักผลน้อยกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีเปอร์เซ็นต์เปลือกและเปอร์เซ็นต์เนื้อ ไม่ต่างกันระหว่าง 2 พันธุ์ โดยส้มโอพันธุ์ทองดีตอบสนองต่อการพ่นปุ๋ยยูเรียได้ชัดเจนกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้งคือ ขนาดผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับปุ๋ยยูเรีย แต่น้ำหนักผลไม่ต่างกันระหว่างได้รับหรือไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย เปอร์เซ็นต์เปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่เปอร์เซ็นต์เนื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับปุ๋ยยูเรียเพิ่มขึ้น ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ส้มโอพันธุ์ทองดีที่ได้รับและไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย พบความสูงผลเท่ากับ 13.8 และ 12.9 เซนติเมตร เส้นรอบวงเท่ากับ 50.4 และ 48.1 เซนติเมตร น้ำหนักผลเท่ากับ 1,342.8 และ 1,209.9 กรัม เปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 40.7 และ 37.8 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เนื้อเท่ากับ 58.2 และ 61.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ได้รับและไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย พบความสูงผลเท่ากับ 16.0 และ 15.3 เซนติเมตร เส้นรอบวงเท่ากับ 52.8 และ 51.3 เซนติเมตร น้ำหนักผลเท่ากับ 1,574.7 และ 1,555.1 กรัม เปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับ 41.5 และ 36.6 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เนื้อเท่ากับ 56.8 และ 61.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 27)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักผล สัดส่วนของเปลือก (%) และเนื้อ (%) โดยน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย

พันธุ์	ยูเรีย	ความสูง[1/] (cm)	เส้นรอบวง[1/] (cm)	น้ำหนัก[1/] (g)	เปลือก[1/] (%)	เนื้อ[1/] (%)
ทองดี	+	13.8b	50.4b	1,342.8b	40.7ab	58.2ab
	-	12.9c	48.1c	1,209.9b	37.8bc	61.0a
ขาวน้ำผึ้ง	+	16.0a	52.8a	1,574.7a	41.5a	56.8b
	-	15.3a	51.3ab	1,555.1a	36.6c	61.3a
พันธุ์ (A)		**	**	**	ns	ns
ยูเรีย (B)		**	**	ns	**	**
A x B		ns	ns	ns	ns	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในส้มโอพันธุ์ทองดีสีของเปลือกมีค่าความสว่าง (L) ไม่ต่างกับพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง แต่สีเขียว (-a) และสีเหลือง (+b) ของเปลือกผลมีค่ามากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ส่วนความหนาเปลือกนั้นไม่ต่างกันระหว่าง 2 พันธุ์ โดยส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ ที่ได้รับและไม่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีค่าความสว่าง (L) สีเขียว (-a) และสีเหลือง (+b) ของเปลือกผลใกล้เคียงกัน ขณะที่ความหนาเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยยูเรีย ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ส้มโอพันธุ์ทองดีที่ได้รับ และไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย พบค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 53.5 และ 51.5 สีเขียว (-a) เท่ากับ -10.8 และ -10.5 สีเหลือง (+b) เท่ากับ 36.1 และ 35.0 และความหนาเปลือกเท่ากับ 1.3 และ 1.6 เซนติเมตร ตามลำดับ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ได้รับและไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย พบค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 53.4 และ 53.9 สีเขียว (-a) เท่ากับ -11.3 และ -11.3 สีเหลือง (+b) เท่ากับ 32.1 และ 32.1 และความหนาเปลือกเท่ากับ 1.4 และ 1.6 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 28)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 สีเปลือก และความหนาของเปลือกผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย

พันธุ์	ยูเรีย	สีเปลือก			ความหนา
		L[2/]	a[2/]	b[2/]	เปลือก (cm)[1/]
ทองดี	+	51.5	-10.5	35.0ab[1/]	1.6a
	-	53.5	-10.8	36.1a	1.3b
ขาวน้ำผึ้ง	+	53.9	-11.3	32.1b	1.6a
	-	53.4	-11.3	32.1b	1.4b
พันธุ์ (A)		ns	*	**	ns
ยูเรีย (B)		ns	ns	ns	**
A x B		ns	ns	ns	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

*, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ

[2/] L = ค่าความสว่าง (brightness) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 (dark) ถึง 100 (white) a ประกอบด้วย +a = แดง (red) –a = เขียว (green) และ b ประกอบด้วย +b = เหลือง (yellow) –b = น้ำเงิน (blue)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ต่ำกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง แต่ TSS/TA ไม่ต่างกันระหว่าง 2 พันธุ์ โดยส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ TSS มีค่าใกล้เคียงกันในผลที่ได้รับและไม่ได้รับยูเรีย TA มีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับยูเรีย ส่งผลให้ TSS/TA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับยูเรีย ดังแสดงช่วงค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ส้มโอพันธุ์ทองดีที่ได้รับและไม่ได้รับปุ๋ยยูเรียพบค่า TSS เท่ากับ 9.5 และ 9.5 °brix TA เท่ากับ 0.5 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ และ TSS/TA เท่ากับ 17.9 และ 15.4 ตามลำดับ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ได้รับและไม่ได้รับปุ๋ยยูเรียพบค่า TSS เท่ากับ 10.2 และ 10.0 °brix TA เท่ากับ 0.6 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ และ TSS/TA เท่ากับ 17.8 และ 15.4 ตามลำดับ (ตารางที่ 29) ส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ ที่ได้รับปุ๋ยยูเรียเพิ่ม เนื้อมีรสเปรี้ยวหวานน้อยและไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และ TSS/TA ของผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย

พันธุ์	ยูเรีย	TSS[1/]	TA[1/]	TSS/TA[1/]
		(^{o}brix)	(%)	
ทองดี	+	9.5c	0.5c	17.9a
	-	9.5c	0.6ab	15.4b
ขาวน้ำผึ้ง	+	10.2a	0.6bc	17.8a
	-	10.0ab	0.7a	15.4b
พันธุ์ (A)		**	**	ns
ยูเรีย (B)		ns	**	**
A x B		ns	ns	ns

[1/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Tukey

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื้อ เปลือก และใบของส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ที่ได้รับ และไม่ได้รับยูเรีย เมื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อ พบว่าผลที่ได้รับยูเรียเนื้อเยื่อส่วนเนื้อ เปลือก และใบ มีการสะสมไนโตรเจนสูงกว่าส่วนที่ไม่ได้รับยูเรีย จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่อดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 30)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 ความเข้มข้นของไนโตรเจน (%) ในส่วน เนื้อ เปลือก และใบ และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความเข้มข้นของไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของผลกับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย

	ทองดี			ขาวน้ำผึ้ง		
	ไนโตรเจน (%)			ไนโตรเจน (%)		
	+ ยูเรีย	- ยูเรีย	r	+ ยูเรีย	- ยูเรีย	r
เนื้อ	2.0	1.4	0.7**	1.2	1.1	0.8**
เปลือก	1.4	1.3	0.7**	1.2	1.1	0.7**
ใบ	2.8	2.4	0.6**	2.6	2.3	0.4**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในส้มโอพันธุ์ทองดีความสูงผล เส้นรอบวง และน้ำหนักผลที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.6 0.5 และ 0.5 ตามลำดับ แต่ในพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ความสูงผล เส้นรอบวง และน้ำหนักผลนั้นมีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารต่ำ (ตารางที่ 31) ค่าความสว่าง (L) ของสีเปลือกผลที่ลดลงของส้มโอพันธุ์ทองดีมีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น มีค่า r เท่ากับ -0.4 แต่สีเหลือง (+b) สีเขียว (-a) และความหนาเปลือกนั้นมีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารต่ำ ในพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ค่าความสว่าง (L) สีเหลือง (+b) สีเขียว (-a) ของเปลือกผล และความหนาเปลือกนั้นมีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการเนื้อข้าวสารต่ำเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 31)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 31 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารกับลักษณะกายภาพต่างๆ ของผลส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรีย

	ทองดี	ขาวน้ำผึ้ง
ความสูงผล (cm)	0.6**	0.1
เส้นรอบวง (cm)	0.5**	0.1
น้ำหนักผล (g)	0.5**	-0.1
สีเปลือก		
L (ความสว่าง)	-0.4**	-0.2
-a (สีเขียว)	0.0	-0.1
b (สีเหลือง)	-0.1	0.0
ความหนาเปลือก (cm)	0.3	0.3

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวัดค่าความเขียวใบ (SPAD reading) ของใบที่อยู่ใกล้ผลของส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ ตั้งแต่อายุผลประมาณ 4 เดือน ถึง 8 เดือน พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุใบเพิ่มขึ้น และในใบที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความเขียวใบมากกว่าใบที่ไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย โดยในพันธุ์ทองดีที่ได้รับ และไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีความเขียวใบอยู่ในช่วง 66.3-71.0 และ 63.4-68.1 ตามลำดับ ส่วนในพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ที่ได้รับ และไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ค่าความเขียวใบอยู่ในช่วง 60.2-69.1 และ 62.1-67.2 ตามลำดับ (ตารางที่ 32) ซึ่งช่วยยืนยันการตอบสนองของส้มโอต่อการพ่นปุ๋ยยูเรียได้เป็นอย่างดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 32 ค่าความเขียวใบ (SPAD reading) ของส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งที่ได้รับ (+) และไม่ได้รับ (-) ยูเรียตั้งแต่อายุผลประมาณ 4 ถึง 8 เดือน วัดจากใบที่อยู่ติดกับผลส้มโอ

อายุผล	ทองดี (SPAD reading)		ขาวน้ำผึ้ง (SPAD reading)	
(เดือน)	+ ยูเรีย	- ยูเรีย	+ ยูเรีย	- ยูเรีย
4	66.3	63.4	60.2	62.1
5	67.0	64.0	63.9	64.8
6	67.0	67.4	67.8	66.1
7	71.0	67.1	69.1	66.9
8	69.7	68.1	68.8	67.2

หมายเหตุ ไม่ได้วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

ส้มโอพันธุ์ทองดี และขาวน้ำผึ้งจากสวนเดียวกันมีลักษณะกายภาพผล คุณภาพผล และความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร มากน้อยแตกต่างกัน ส่วนหนึ่งเป็นผลจากพันธุกรรมที่ต่างกัน โดยส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งซึ่งมีเนื้อสีขาว แสดงอาการเนื้อข้าวสารรุนแรงมากกว่าพันธุ์ทองดี ซึ่งมีเนื้อสีชมพู ซึ่งต่างจากเกรฟฟรุตที่พบว่า พันธุ์เนื้อสีชมพูแสดงอาการเนื้อข้าวสารมาก และรุนแรงกว่าพันธุ์เนื้อสีขาว และพบเฉพาะผลที่มีขนาดใหญ่ (Burns and Albrigo, 1997) ในปัจจุบันยังไม่ทราบถึงสาเหตุที่แน่ชัดของการเกิดอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ แต่มีรายงานในส้มซัทซูมาระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเปลือกมีอัตราการหายใจสูงกว่าเนื้อและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นแม้ผลเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ขณะที่เนื้อมีน้ำหนักลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่ามีการเคลื่อนย้ายสารอาหาร และน้ำจากส่วนของเนื้อไปยังเปลือกเพื่อใช้ในการหายใจทำให้เนื้อส้มบางส่วนแสดงอาการเนื้อข้าวสารและร่อนออกจากเปลือกได้ง่าย (Ke *et al*., 1989) กรณีของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งซึ่งเปลือกมีความหนากว่าพันธุ์ทองดี เป็นไปได้ว่าส่วนเปลือกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีการใช้พลังงานในการหายใจมากกว่าพันธุ์ทองดี และอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้เนื้อส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งแสดงอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าพันธุ์ทองดี

ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคม และเดือนเมษายน พบความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารไม่ต่างกันระหว่าง 2 รุ่น ซึ่งต่างจากรายงานของ สุขะวัฒน์ (2554) ที่พบว่าส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมแสดงอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าเดือนเมษายน เนื่องจากเก็บข้อมูลต่างกัน โดย สุขะวัฒน์ เก็บผลผลิตส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ตรงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ทำการประเมินความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารด้วยสายตาและให้เป็นระดับคะแนนว่าแต่ละกลีบภายในผลแสดงอาการเนื้อข้าวสารกี่กลีบ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยคิดเทียบกับจำนวนกลีบส้มโอทั้งหมดภายในผล แต่การทดลองนี้ได้แยกกุ้งส้มส่วนที่แสดงอาการออกจากเนื้อปกติแล้วชั่งน้ำหนักเทียบสัดส่วนของน้ำหนักต่อน้ำหนักเนื้อทั้งผล ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมมีความสูงผล เส้นรอบวง และขนาดผล ไม่ต่างกับรุ่นเดือนเมษายน แต่ลักษณะกายภาพผลอื่นๆ คุณภาพผล และความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร มากน้อยแตกต่างกันในระหว่าง 2 รุ่น อาจเนื่องจากรุ่นเดือนมกราคมได้รับสภาพอากาศเย็นระหว่างการพัฒนาของผล (ปิยะวัสส์, 2548; คมจันทร์, 2548) สังเกตความต่างของสีเปลือกได้อย่างชัดเจนโดยรุ่นเดือนมกราคม สีเปลือกมีค่าความสว่าง และสีเหลืองมากกว่าแต่มีสีเขียวน้อยกว่ารุ่นเดือนเมษายน ซึ่งเป็นข้อเสียเปรียบ เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่เข้าใจว่าส้มโอที่มีเปลือกสีเขียวเป็นส้มโอที่สด มีคุณภาพสูง ส่วนส้มโอที่มีเปลือกสีเหลืองเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส้มโอที่ไม่สด เก็บมานาน คุณภาพต่ำ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ ทำให้ผลผลิตส้มโอรุ่นนี้ขายไม่ค่อยได้ราคา

จากการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าส้มโอในประเทศไทยสามารถพบอาการเนื้อข้าวสารได้ตั้งแต่ก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม โดยผลส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่ เกิดอาการเนื้อข้าวสารมากและรุนแรงขึ้นตามอายุผลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร หลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน มีความแปรปรวนมากกว่าระยะการเก็บเกี่ยวช่วงเวลาอื่น โดยปกติต้นส้มโอในประเทศไทยมีการทยอยติดผลและผลิใบอยู่ทุกเดือน (สมคิด, 2548) ทั้งส่วนของใบใหม่และผลที่กำลังพัฒนานี้จัดว่าเป็นแหล่งใช้อาหาร (Sink) ที่รุนแรงภายในต้น ขณะที่ผลส้มโอที่แก่และพร้อมเก็บเกี่ยวได้อายุผลประมาณ 26 ถึง 31 สัปดาห์ (เยาวรัตน์, 2545) ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมอาหาร (Source) เมื่อผลของส้มโอแก่พร้อมเก็บเกี่ยว หากไม่มีการเก็บเกี่ยว สารอาหารบางส่วนที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายจะถูกดึงออกจากผลส้มโอไปยังส่วนของใบและผลที่กำลังพัฒนา (รวี, 2540) ดังนั้นส้มโอที่เก็บเกี่ยวหลังอายุที่เหมาะสม 1 เดือน จึงมีโอกาสพบอาการเนื้อข้าวสารมากและรุนแรงกว่า ผลที่เก็บก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน หรือ เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม ซึ่งส้มโอเป็น non-climacteric fruit (จริงแท้, 2544) เก็บเกี่ยวเมื่อแก่จัดแต่สามารถปล่อยไว้บนต้นต่อไปได้อีกช่วงเวลาหนึ่ง จากการทดลองนี้ช่วยยืนยันได้ว่ายิ่งเก็บเกี่ยวส้มโอช้ายิ่งมีโอกาสเกิดอาการเนื้อข้าวสารมากขึ้น

ในแต่ละสวนมีจำนวนผลที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการต่างกัน ในแต่ละระยะการเก็บเกี่ยว อาจเนื่องจากการจัดการภายในสวนที่ต่างกัน อาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ขาวใหญ่ กุ้งส้มมีลักษณะ ขาว แข็ง ขุ่น และแห้ง เหมือนที่มีรายงานในพืชตระกูลส้ม (Agusti, *et al*., 2004; Landaniya, 2008; Singh, 2001) แต่อาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี กรณีที่แสดงอาการเล็กน้อย กุ้งส้มยังคงมีลักษณะใส ในส้มโอมีรายงานว่ากุ้งส้มเป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ และมีการเรียงตัวของชั้นเซลล์อย่างจำเพาะ คือชั้น epidermis ห่อหุ้มด้านนอก ถัดเข้าไปคือชั้น subepidermis และชั้นเซลล์ที่มีรูปร่างยาว ตามลำดับ ส่วนด้านในสุดของกุ้งส้มโอคือเซลล์ juice sac ซึ่งมีผนังเซลล์บาง และมีแวคิวโอขนาดใหญ่ ในกุ้งส้มโอที่แสดงอาการเนื้อข้าวสาร ชั้นนอกสุดยังมีลักษณะใส แต่ผนังเซลล์ชั้น subepidermis ผิดปกติ มีการบิดเบี้ยวและบางส่วนบวมขึ้น ชั้นเซลล์ที่มีรูปร่างยาว และเซลล์ juice sac ด้านในของกุ้งส้มโอมีผนังเซลล์หนาขึ้น เกี่ยวข้องกับการสะสมลิกนินเพิ่มขึ้นเกิดเป็นผนังเซลล์ทุติยภูมิที่แข็ง เปลี่ยนสภาพจากเซลล์ parenchyma ไปเป็นเซลล์ sclerenchyma มีปริมาณน้ำตาลและกรด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อินทรีย์ภายในเซลล์ต่ำลงทำให้เนื้อส้มโอมีคุณภาพลดลง (Shomer *et al*., 1989) แต่ภายในมีเม็ดแข็ง ขนาดเล็ก สังเกตด้วยตาเปล่าได้ยาก ซึ่งการศึกษาอาการเนื้อข้าวสารที่ผ่านมานั้นเป็นการประเมินทางสายตาแล้วจึงให้คะแนนระดับความรุนแรงซึ่งอาจทำให้ค่าที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้การคัดแยกโดยการสัมผัสร่วมด้วยซึ่งจะได้ค่าแม่นยำยิ่งขึ้น ส่วนกรณีที่เนื้อส้มโอแสดงอาการเนื้อข้าวสารอย่างรุนแรง จะพบว่ากุ้งส้มมีลักษณะเป็นก้อนแข็งๆ ภายในกุ้งส้มเมื่อบีบก้อนแข็งๆ สามารถทะลุออกมาจากกุ้งส้มได้ สีกุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารไม่สดใส (ภาพที่ 3) และมีความแน่นเนื้อมากกว่าเนื้อปกติ ซึ่งสอดคล้องกับที่มีรายงานในพืชตระกูลส้ม (Singh, 2001) ว่าเนื้อส้มโอปกตินั้นความแน่นเนื้อของกุ้งส้มจะลดลงเมื่อผลอายุมากขึ้น เนื่องจากผนังเซลล์ถูกย่อยสลายทำให้เนื้อส้มนิ่ม ซึ่งการผึ่งส้มโอพันธุ์ขาวแป้นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 สัปดาห์พบว่า cell wall fibrillar network (คาดว่าส่วนใหญ่เป็น cellulose) บางส่วนของ middle lamella บางลง และ hemicellulose บางส่วนถูกย่อยสลาย ส่งผลให้กุ้งส้มแฉะ (อรุณี, 2537)

ส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรียตั้งแต่อายุผลประมาณ 3 เดือน ถึงระยะเก็บเกี่ยว พบว่าจำนวนผลที่แสดงอาการเพิ่มขึ้นชัดเจนในพันธุ์ทองดี และทำให้ส้มโอทั้ง 2 พันธุ์แสดงอาการเนื้อข้าวสารมากขึ้น โดยพันธุ์ขาวน้ำผึ้งบางผล แสดงอาการเนื้อข้าวสาร 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ He *et al*. (2003) ที่พบว่า เกรฟฟรุต ที่ได้รับไนโตรเจนที่มากเกินไปนอกจากทำให้เปลือกผลหนา และหยาบแล้วยังส่งเสริมให้เกิดอาการเนื้อข้าวสารอีกด้วย จากการทดลองในครั้งนี้ช่วยยืนยันสมมติฐานนี้ว่าเมื่อส้มโอได้รับไนโตรเจนมากเกินความต้องการจะชักนำให้เกิดอาการเนื้อข้าวสารเพิ่มขึ้น แต่ลักษณะของอาการเนื้อข้าวสารเมื่อได้รับปุ๋ยยูเรีย กุ้งส้มส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเจลใสซึ่งต่างจากอาการเนื้อข้าวสารที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวผลเกินอายุ ซึ่งการให้ปุ๋ยยูเรียโดยการพ่นที่ผลและใบใกล้ๆ ผลเพื่อให้มีระดับไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนของ เนื้อ เปลือกและใบสูงกว่าเนื้อเยื่อผลที่ไม่ได้รับปุ๋ยยูเรีย เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนส่วนของเนื้อ เปลือก และใบของส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ กับความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อผลมีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่อทั้ง 3 ส่วน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ลพ และคณะ (2551) ซึ่งพบว่าผลส้มโอพันธุ์ทองดีที่แสดงอาการเนื้อข้าวสารมีการสะสมไนโตรเจนในผลมากกว่าปกติ

ความสูงผล เส้นรอบวง และน้ำหนักผล ของส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ขณะที่เปอร์เซ็นต์เปลือกและเปอร์เซ็นต์เนื้อ มีค่าค่อนข้างคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับที่ เยาวรัตน์ (2545) รายงานว่าส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีการเจริญเติบโตอยู่ตลอดเวลา หากยังอยู่บนต้นแม้ผลจะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เจริญเต็มที่พร้อมเก็บเกี่ยว ขนาดและน้ำหนักผลยังคงเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เนื่องจากการขยายตัวของเนื้อผล น้ำหนักเปลือกและความหนาเปลือกคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 30 เป็นต้นไป นอกจากนี้ ความสูงผล เส้นรอบวง และน้ำหนักผลที่เพิ่มขึ้นยังมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับที่มีรายงานในพืชตระกูลส้ม ผลที่มีขนาดใหญ่มักพบอาการเนื้อข้าวสารมากกว่าผลที่มีขนาดเล็ก (Sharma *et al*., 2006)

การที่พืชตระกูลส้มได้รับไนโตรเจนมากเกินไปนอกจากจะทำให้ผลมีขนาดใหญ่มากกว่าปกติแล้วยังกระตุ้นให้เกิดอาการเนื้อข้าวสารร่วมด้วย (Singh, 2001) เมื่อต้นพืชได้รับไนโตรเจนจะมีการดึงคาร์โบไฮเดรตมาเป็นส่วนประกอบในโมเลกุล ของสารประกอบอินทรีย์เช่น เอมีน เอไมด์ ออกซิน กรดนิวคลีอิก กรดอะมิโน (ยงยุทธ, 2546) และอาจเป็นสาเหตุให้มีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนเนื้อไปยังส่วนอื่นของผล จากการทดลองพบว่า การพ่นปุ๋ยยูเรียให้กับผลส้มโออายุประมาณ 3 เดือน ซึ่งช่วงนี้ผลมีพัฒนาการด้านเปลือกมากกว่าเนื้อ ซึ่งในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเมื่อผลมีอายุ 6-14 สัปดาห์หลังดอกบาน เนื้อจะเริ่มมีการพัฒนาอย่างช้าๆ และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อสัปดาห์ที่ 16 หลังดอกบานเป็นต้นไป (เยาวรัตน์, 2545) ทำให้เปอร์เซ็นต์เนื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับไนโตรเจนเพิ่มแต่ เปอร์เซ็นต์เปลือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในส้มโอพันธุ์ทองดีความสูงผล เส้นรอบวง และน้ำหนักผลที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารเพิ่มขึ้น ส่วนพันธุ์ขาวน้ำผึ้งความสูงผล เส้นรอบวง และน้ำหนักผล มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารต่ำ อาจเป็นไปได้ว่าส้มโอพันธุ์ทองดีตอบสนองและแสดงออกทางลักษณะกายภาพผลเมื่อได้รับปุ๋ยยูเรียชัดเจนกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และการที่ส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ ได้รับไนโตรเจนมากทำให้ผลมีพัฒนาการด้านเปลือกเพิ่มขึ้น การพัฒนาด้านเนื้อผลลดลง แต่ไม่ทำให้น้ำหนักของผลที่ได้รับปุ๋ยยูเรียต่างกับผลปกติ

สีของเปลือกผลที่มีค่าความสว่างของเปลือกผล (L) ที่เพิ่มขึ้นในส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น แต่ในพันธุ์ขาวใหญ่ค่าความสว่างของเปลือกผล (L) มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารต่ำ ในส้มโอพันธุ์ทองดีที่ได้รับปุ๋ยยูเรียเพิ่ม ผลที่มีค่าความสว่างของเปลือกผล (L) ต่ำ มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น ส่วนพันธุ์ขาวน้ำผึ้งค่าความสว่างของเปลือกผล (L) มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารต่ำ อาจเนื่องส้มโอพันธุ์ทองดีตอบสนองยูเรียชัดเจนมากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้งทำให้สีของเปลือกผลมีสีเขียวเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวัดค่าด้วย color meter พบว่าค่าความสว่าง (L) ต่ำ ส่วนสีเขียว (-a) สีเหลือง (b) ของเปลือกผล และความหนาเปลือกผล มีความสัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารต่ำเช่นกัน แม้ว่าผู้ค้าส้ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โอจะใช้สีและความหนาของเปลือกส้มโอเป็นข้อสังเกตที่ว่าส้มโอผลที่มีสีของเปลือกเหลืองมากๆ หรือมีเปลือกผลหนามากๆ มักพบอาการเนื้อข้าวสาร แต่จากการทดลองพบว่าไม่สามารถใช้ลักษณะดังกล่าวเป็นข้อสังเกตได้ว่าส้มโอผลใดแสดงอาการเนื้อข้าวสารมากน้อยกว่ากัน

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าไม่ต่างกันในแต่ละช่วงอายุการเก็บเกี่ยว ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ มีแนวโน้มลดลงตามอายุผลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก TA บางส่วนถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ (Ladaniya, 2008) ทำให้เนื้อส้มเปรี้ยวน้อยลง ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งอายุผลประมาณ 15 สัปดาห์มีปริมาณ TA สูงสุด คือ 1.37 เปอร์เซ็นต์ และค่อยๆ ลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น และมีค่าต่ำสุดที่ 0.56 เปอร์เซ็นต์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (เยาวรัตน์, 2545) ส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวหลังระยะที่เหมาะสม 1 เดือน เนื้อเริ่มมีกลิ่นหมักซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ ในพืชตระกูลส้มมีรายงานว่า เนื้อส้มมีการใช้กรดอินทรีย์เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้มีการสร้างและสะสมเอทานอลในเซลล์มากขึ้น เมื่ออายุผลเพิ่มขึ้นทำให้มีกลิ่นหมัก และพบเนื้อส้มแฉะ เหลว เละไม่น่ารับประทานร่วมด้วย (Ladaniya, 2008) นอกจากนี้ค่า TSS ที่ใกล้เคียงกันทุกระยะการเก็บเกี่ยวของส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ แต่ TA มีแนวโน้มลดลง ทำให้ TSS/TA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ เยาวรัตน์ (2545) ที่พบว่าปริมาณ TA ของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งลดลงตลอดระยะการเจริญเติบโต ทำให้ความเปรี้ยวลดลง ส่วน TSS มีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และคงที่ในระยะผลแก่ใกล้เก็บเกี่ยวหรือเลยระยะนี้ออกไป ทำให้อัตราส่วน TSS/TA มีค่าสูงขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น รสชาติของส้มโอจึงหวานขึ้น จากการทดลองในส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ มี TSS ประมาณ 10 ^{o}brix ซึ่งโดยรวมถือว่าส้มโอจากสวนในจังหวัดนครปฐม และสวนจากสมุทรสงครามมีคุณภาพดีผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือมีค่า TSS ไม่ต่ำกว่า 8 ^{o}brix (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2555)

ในส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ผลที่ได้รับและไม่ได้รับยูเรียมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานในส้ม ‘Shamouti’ ที่ได้รับไนโตรเจนเกินความต้องการ ทำให้เปลือกหนา สีผิวเปลือกผลมีการพัฒนาช้า แต่ไม่มีผลต่อขนาดผลและ TSS (Dasberg, 1987) ปริมาณกรด (TA) ในผลที่ได้รับปุ๋ยยูเรียทั้ง 2 พันธุ์ ต่ำกว่าผลที่ไม่ได้รับยูเรีย อาจเป็นไปได้ว่าหลังได้รับไนโตรเจนเพิ่มจะไปกระตุ้นการใช้กรด ซิตริก ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้าง กรดอะมิโน ชนิดต่างๆ มากขึ้น (จริงแท้, 2544) ค่า TSS/TA ในผลที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีค่าสูงกว่าผลที่ไม่ได้รับยูเรีย แม้ TSS ในผลที่ได้รับยูเรียมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ไม่ได้รับยูเรีย แต่อาจเป็นไปได้ว่าค่า TSS อาจเป็นกรดอินทรีย์อื่นๆ ซึ่งนอกเหนือจากน้ำตาล (จริงแท้, 2544) แม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

TSS/TA ในผลที่ได้รับปุ๋ยยูเรียจะสูงกว่าผลปกติก็ตาม และเมื่อชิมพบว่ามีรสเปรี้ยว หวานน้อย ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

เมื่อวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ขาวใหญ่ ในผลที่มีระดับความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ 5 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าในเนื้อส้มโอจากผลที่มีระดับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารต่างกัน มี N และ K ใกล้เคียงกัน เป็นไปได้ว่าต้นส้มโอดูด N และ K จากดินมาใช้และเก็บสะสมไว้ในผลใกล้เคียงกัน เมื่อนำเนื้อส้มโอปกติจากผลที่มีระดับความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารต่างกันไปวิเคราะห์ ทำให้ได้ค่าใกล้เคียงกันเพราะมาจากสวนเดียวกัน ซึ่งมีการจัดการเหมือนกัน การให้ปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียมแก่ส้ม ‘Valencia’, ‘Hamlin’ และ ‘Navel’ มากเกินความต้องการทำให้ผลมีขนาดใหญ่ การพัฒนาสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีส้มช้า และทำให้เกิดอาการเนื้อข้าวสาร (Hearn, 1993)

เนื้อส้มโอส่วนที่ยังปกติมีธาตุ Ca และ Mg มากน้อยเพียงใดยังไม่เคยมีผู้ใดรายงานไว้ แต่ถ้าเทียบกับส้มโชกุนพบว่าอยู่สูงกว่าระดับเพียงพอ (เพียงใจ และสุนทรี, 2547) และมีการสะสมมากที่สุดในผลส้มโอที่มีระดับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร 5-20 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากระยะนี้มีการสะสมเพกเทต (ซึ่งมี Ca^{2+} และ Mg^{2+} เป็นองค์ประกอบ) มาก (ยงยุทธ, 2546) และพร้อมที่จะไปสะสมในชั้น middle lamella (Goto, 1989) หรือใน juice cells ซึ่งเป็นผนังเซลล์ชั้นในของ subepidermal cell layers ที่มีรายงานในส้มโอว่ากุ้งส้มที่แสดงอาการเนื้อข้าวสาร มีผนังเซลล์ชั้นดังกล่าวหนามากกว่าปกติ (Shomer *et al*., 1989) และกลายเป็นผนังเซลล์ทุติยภูมิแล้วค่อยๆ ขยายบริเวณไปยังผนังเซลล์ถัดไป ซึ่งแสดงชัดเจนในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและพันธุ์ขาวใหญ่ ส่วนส้มโอพันธุ์ทองดีนั้น เพกเทตอาจไปสะสมภายในกุ้งส้ม เพราะเมื่อแสดงอาการเนื้อข้าวสารจะพบก้อนแข็งๆ จากในกุ้งส้ม เมื่อบีบสามารถทะลุออกมาได้

จากข้อสังเกตของผู้ขายส้มโอ พบว่าส้มโอจากแหล่งปลูกที่ราบลุ่มแม่น้ำนครชัยศรี จะพบจำนวนผลและความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารน้อยกว่าจากแหล่งปลูกอื่น ส้มโอจากจังหวัดนครปฐม เนื่องจากในอดีตพื้นที่บริเวณนี้ส่วนใหญ่น้ำทะเลเคยท่วมถึงและเป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนแม่น้ำ ตะกอนน้ำทะเล และตะกอนน้ำกร่อย ผสมรวมกัน (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5, 2552) ส่วนส้มโอจากจังหวัดสมุทรสงครามที่มีการใส่ขี้แดดนาเกลือแก่ต้นส้มโอเป็นประจำ ซึ่งมีรายงานว่าขี้แดดนาเกลือ มีธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม และแคลเซียม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นองค์ประกอบ โดยเชื่อว่าทำให้รสชาติของเนื้อส้มโอนั้นมีรสเค็มเล็กน้อย และแสดงอาการเนื้อข้าวสารน้อยลง (นันทนิตย์, 2552) ซึ่งทั้ง 2 แหล่งปลูกนั้นล้วนมี Na เป็นองค์ประกอบ และมีอยู่มาก (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า Na ช่วยในการลดความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอ จากการวิเคราะห์เนื้อส้มโอจากผลที่มีระดับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารต่างกัน ในส้มโอพันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง จาก 2 สวน ในจังหวัดนครปฐม และพันธุ์ขาวใหญ่ทั้ง 2 รุ่น จากจังหวัดสมุทรสงครามพบว่า เนื้อส้มโอส่วนที่ยังปกติมีธาตุ Na มากน้อยเพียงใดยังไม่เคยมีผู้ใดรายงานไว้แต่ถ้าเทียบกับพืชตระกูลส้มพบว่ามีปริมาณ Na อยู่สูงกว่าระดับเพียงพอที่เคยมีรายงานไว้ (Paul and Shaha, 2004) เนื่องจากดินในสวนส้มโอที่ทำการทดลองมี Na อยู่ในระดับปานกลาง ถึงสูง (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) รากต้นส้มโอจึงดูดธาตุ Na ไปสะสมไว้ใช้และสะสมในผลได้สูง แต่ Na ก็แสดงผลไม่เด่นชัดต่อการช่วยลดความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารในส้มโอพันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ขาวใหญ่ และเป็นไปได้ว่า Na อาจไม่ใช่ธาตุที่ช่วยลดอาการเนื้อข้าวสารในผลส้มโอ ระดับธาตุ N K Ca Mg และ Na ในเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ทั้ง 2 สวน มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงอาการเนื้อข้าวสารต่ำ ส่วนในเนื้อส้มโอปกติของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ทั้ง 2 รุ่น พบว่าในรุ่นเดือนเมษายน N K และ Ca ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ K และ Ca สัมพันธ์กับอาการเนื้อข้าวสารอย่างไรยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด แต่จากการทดลองเกี่ยวธาตุอาหารในพืชตระกูลส้มพบว่าเมื่อได้รับ N และ K เพิ่มขึ้นจะทำให้คุณภาพผลต่ำและเกิดอาการเนื้อข้าวสารอีกด้วย ส่วน Ca ที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจไปสะสมในชั้น middle lamella หรือ ใน juice cells ทำให้ผนังเซลล์หนาขึ้นจนกลายเป็นอาการเนื้อข้าวสารเหมือนในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

จากการวัดค่าความเขียวใบ (SPAD reading) พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุใบเพิ่มขึ้น และในใบที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความเขียวใบมากกว่าใบที่ไม่ได้รับปุ๋ยยูเรียในใบส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ เนื่องจากปุ๋ยยูเรียเป็นปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักเมื่อส้มโอได้รับในปริมาณที่มากก็จะเปลี่ยนไนโตรเจนไปเป็นคลอโรฟิลล์มากขึ้น จึงเห็นว่าใบที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีสีเขียวเข้มเป็นมันและหนา นอกจากนี้พืชยังเปลี่ยนยูเรียไปเป็นสารประกอบไนโตรเจน เพื่อใช้ในกระบวนการต่างๆ เพื่อการดำรงชีพของพืช (ยงยุทธ, 2546) ในบางช่วงการเจริญเติบโตของพืช ใบพืชอาจมีการเก็บสะสมไนโตรเจนในรูปของไนเทรต (NO_3^-) โดยเก็บสะสมไว้ในส่วนของ vacuole ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เกี่ยวข้องกับคลอโรฟิลล์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนโตรเจนในใบพบว่ามีค่าระหว่าง 2.00-2.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมเล็กน้อยเมื่อเทียบกับระดับไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งซึ่งวิเคราะห์จากใบอายุ 4-5 เดือนจากกิ่งที่ไม่ติดผลที่มีค่าอยู่ในช่วง 3.13 ถึง 3.32 เปอร์เซ็นต์ (นพพร, 2552) อาจเป็นเพราะการทดลองนี้เลือกใบที่อยู่ใกล้ผลมาทำการศึกษา จึงเป็นไปว่าธาตุอาหารบางส่วนที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายอาจเคลื่อนย้ายจากใบมายังผลโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ซึ่งสอดคล้องกับที่มีรายงานว่าไนโตรเจนในผลอ่อนของพืชตระกูลส้มส่วนใหญ่ได้รับมาจากใบที่อยู่ใกล้ผล กิ่งขนาดเล็ก ลำต้นและราก (Paramasivam *et al*., 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป

จากการศึกษาผลที่มีอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการในส้มโอพันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง จากสวนที่มีประวัติการให้ผลผลิตดี และมีคุณภาพสูงในอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 2 สวนและส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ในอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม 1 สวน ซึ่งมีสภาพดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย ค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่ำ มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงมาก ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมสูง และมีปริมาณโซเดียมต่ำถึงสูง พบว่า

1. ส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่ มีจำนวนผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารเพิ่มขึ้น และความรุนแรงของอาการเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลมากขึ้น ซึ่งพบมากเมื่อเก็บเกี่ยวหลังระยะที่เหมาะสมไป 1 เดือน โดยอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและพันธุ์ขาวใหญ่ มีลักษณะขาว แข็ง ขุ่น และแห้ง แต่อาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดีมีลักษณะ ขุ่น แห้ง และเป็นก้อนแข็ง ในกุ้งส้ม สามารถบีบทะลุออกมานอกกุ้งส้มได้ ในสวนเดียวกันมีจำนวนผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารมากกว่า และอาการรุนแรงกว่าส้มโอพันธุ์ทองดี ส่วนส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่รุ่นเดือนมกราคมและรุ่นเดือนเมษายน มีจำนวนผลที่เกิดอาการเนื้อข้าวสารและความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารไม่แตกต่างกัน

2. พบอาการเนื้อข้าวสารมากขึ้นเมื่อผลส้มโอมีความสูงของผล ขนาด และน้ำหนักเพิ่มขึ้นในส้มโอทั้ง 3 พันธุ์

3. ในสภาพสวนที่มีระดับธาตุอาหารในดินสูงถึงสูงมาก ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง ธาตุโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ในดินกับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสาร

4. ผลส้มโอที่ได้รับไนโตรเจนมากขึ้นมีขนาดผลใหญ่ขึ้น และเปลือกผลหนาขึ้น และทำให้มีการสะสมไนโตรเจนมากขึ้นในส่วนของ เนื้อ เปลือก และใบซึ่งมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการเนื้อข้าวสารที่เพิ่มขึ้น มีลักษณะเป็นเจลใสต่างกับที่พบเมื่อเก็บเกี่ยวเลยอายุที่เหมาะสม ซึ่งมีลักษณะ ขาว แข็ง ขุ่น และแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ในส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า ผลผลิตหลังระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 1 เดือน จะทำให้เนื้อผลเริ่มมีกลิ่นหมัก และส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเมื่อได้รับปุ๋ยยูเรียจะทำให้เนื้อมีรสเปรี้ยวหวานน้อย ซึ่งลักษณะทั้ง 2 ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2552. **ระบบการตรวจรับรองส้มโอส่งออกไปอียู**. แหล่งที่มา : http://it.doa.go.th/kasikorn, 7 กรกฎาคม 2554.

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. **เอกสารวิชาการ คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 164 น.

กลุ่มเกษตรสัญจร. 2530. **ส้มโอ**. สหมิตรออฟเซท, กรุงเทพฯ. 71 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 9. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2552. **เอกสารประกอบการสอนวิชา การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี (028433)**. ภาควิชาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 180 น.

งานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์. 2549. **เอกสารเผยแพร่ ตารางแปลผลวิเคราะห์ทางเคมีดิน**. ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑามาศ อ่อนวิมล. 2547. **สวนส้ม**. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, กรุงเทพฯ. 408 น.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2527. **ส้มโอ**. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 174 น.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นพพร จรูญชนม์. 2552. **ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบและผล และการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นันทนิตย์ อนุศาสนะนันทน์. 2552. ปุ๋ยขี้แดดนาเกลือ เปลี่ยนขยะไร้ค่าในนาเกลือให้มีประโยชน์ล้นเหลือกับต้นไม้. **เกษตรกรรมธรรมชาติ** 6 (12): 51-57.

ประภาพร ฉันทานุมัติ. 2543. **การประเมินความฟ่ามของส้มเขียวหวานพันธุ์ฟรีมองต์ด้วยคุณสมบัติทางไฟฟ้า**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปิยะวัสส์ โอภาสวัชรานนท์. 2548. **การตรวจหาอาการเสียของส้มโอแบบไม่ทำลาย**. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท**. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

เปรมปรี ณ สงขลา. 2537. **ทำสวนส้มอย่างมืออาชีพ**. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 180 น.

เปรมปรี ณ สงขลา. 2544. **คู่มือการทำสวนส้มอย่างมืออาชีพ**. ฐานการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 374 น.

เพียงใจ น้อยดี และ สุนทรี ยิ่งชัชวาล. 2547. มวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหารของต้นส้มโชกุนอายุ 2 ปี และผลส้มที่อายุต่างๆ. **รายงานสรุปโครงการพัฒนาวิชาการ**. ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 24 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2540. ธาตุอาหารพืชและการให้ปุ๋ยส้ม. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการส้ม : **ทางเลือกจากปัจจุบันสู่อนาคตรุ่นที่ 2**. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2547. **การให้ปุ๋ยทางใบ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 164 น.

เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว. 2545. **การเติบโตและพัฒนาการของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและลักษณะผลพันธุ์อื่น ๆ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รวี เสรฐภักดี. 2523. **เอกสารประกอบการสอนวิชา 542 ไม้ผลอุตสาหกรรม II**. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 180 น.

รวี เสรฐภักดี. 2540. สรีรวิทยาและอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาของส้ม. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรวิทยาการส้ม : **ทางเลือกจากปัจจุบันสู่อนาคตรุ่นที่ 2**. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ลพ ภาวภูตานนท์, กฤษณา กฤษณพุกต์, แคทลียา พรมแสง และ วินิตตรา อัศวกิจเจริญกุล. 2551. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของผลและปริมาณไนโตรเจนในเนื้อกับอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอ. **ผลงานโปสเตอร์ การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7** ระหว่างวันที่ 26-30 พฤษภาคม 2551 ณ. โรงแรมอมรินทร์ลากูน อ. เมือง จ. พิษณุโลก.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. **การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 141 น.

สมคิด เทียมรัศมี. 2548. **การปลูกส้มโอ**. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 112 น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุขะวัฒน์ ทองเหลี่ยว. 2554. **ผลของฤดูเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลและความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุขะวัฒน์ ทองเหลี่ยว และ ลพ ภวภูตานนท์. 2554. ความสัมพันธ์ระหว่างฤดูการเก็บเกี่ยวกับคุณภาพผลของส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 29: (1) 36-46.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2555. **ส้มโอ**. แหล่งที่มา : http://www.acfs.go.th/standard/showSTD.php?STDname1=%CA%E9%C1%E2%CD, 29 มกราคม 2555.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. **ปริมาณและมูลค่าสินค้าเกษตรกรรมส่งออก**. แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th, 7 กรกฎาคม 2554.

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5. 2552. **จังหวัดนครปฐม ที่ตั้งและอาณาเขต**. แหล่งที่มา : http://www. doa.go.th/oard5/vegetation/data/nakornpatom.pdf, 3 ตุลาคม 2554.

อรุณี สวัสดิ์พูน. 2537. **การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในเนื้อส้มโอระหว่างการเก็บรักษา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. 2550. ธาตุอาหารพืชสำหรับส้มโชกุน. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา**. 2 (1): 56-71.

Agusti, M., V. Almela, M. Juan, A. Martinez-Fuentes and C. Mesejo. 2004. Quality of citrus for fresh consumption as affected by water relationships. **Acta Hort**. 632: 141-148.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Albrigo, L.G., J.K. Burns and W.M. Miller. 2004. Granulation in Florida citrus. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 117: 358-361.

Awasthi, R.P. and J.P. Nauriyal. 1972. Studies on granulation in sweet orange. VI. Differences in moisture, total soluble solids and ascorbic acid of juice vesicle in different stages of granulation. **Punjab Hort. J.** 12: 203-211.

Boman, B. J. 1998. Post bloom and summer foliar K effect on grapefruit size. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 111: 128-135.

Boman, B. J. 2001. Foliar nutrient sprays influence yield and size of 'Valencia' orange. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 114: 83-88.

Burns, J.K. 1990. Respiratory rate and glycosidase activities of juice vesicles associated with section drying in citrus. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 25 (5): 544-546.

Burns, J.K. and D.S. Achor. 1989. Cell wall changes in juice vesicles associate with section drying in storage late-harvested grapefruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 114 (2): 283-287.

Burns, J.K. and L.G. Albrigo. 1997. Granulation in grapefruit. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 110: 204-208.

Dasberg, S. 1987. Nitrogen fertilization in citrus orchards. **Plant and Soil** 100: 1-9.

Davies, F.S. and L.G. Albrigo. 1994. **Citrus**. Wallingford, U.K. CAB International. 254 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dou, H., S. Jones, T. Obreza and B. Rouse. 2005. Influence of various phosphorus and potassium rates on juice vitamin C, β – carotene, lycopene and sugar concentrations of 'Flame' grapefruit. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 118: 372-375.

Ericson, L. 1968. The general physiology of citrus. 86-126. *In* W. Reuther, L.D. Batchelor and H.J Webber. eds. **The Citrus Vol.II.** Division of Agricultural Sciences, University of California.

Goto, A. and C. Araki. 1983. Chemical compositions and internal anatomy of gelated and granulated juice sac of sanbokan (*Citrus sulcata* hort. ex Takahashi) fruit. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.** 52 (3): 316-324.

He, Z.L., D.V. Calvert, A.K. Alva, D.J. Banks and Y.C. Li. 2003. Thresholds of leaf nitrogen for optimum fruit production and quality in grapefruit. **Soil Sci. Soc. Amer. J.** 67: 583-588.

Hearn, C.J. 1993. The influence of cultivar and high nitrogen and potassium fertilization on fruit quality traits of young orange trees. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 106: 8-12.

Jing, Z.R., S.P. Fen, H.Z. Qin and D.L. Yu. 1979. Preliminary study on fluctuations of component in the juice sac and rind of citrus fruit granulation. **Sci. Agri. Sin.** 3: 60-64.

Ke, C., H.R. Xin and H.D. Jing. 1989. Hormonal regulation of physiological disorders and cell content transfer of pulp in Satsuma orange. **Acta Hort.** 239: 435-438.

Koo, R.C.J. and A.A. McCornack. 1965. Effect of irrigation and fertilization on production and quality of 'Dancy' tangerine. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 10-15.

Ladaniya, M.S. 2008. **Citrus Fruit Biology Technology and Evaluation.** Elsevier Academic Press. San Diego. CA. 558 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand**. Dept. of Land Development, Min. of Agri. and Coop., Bangkok.

Lin, Z.F., G.Z. Xiong, L.K. Tuo, W.J. Bo and P.D. Ming. 2010. Activity and isozyme ascorbate peroxidase in pomelo (*Citrus grandis* 'Guanximiyou') during juice sac development and granulation. **J. Trop. Sub-trop. Bot**. 18 (1): 27-31.

Morgan, K.T., R.E. Rouse, F.M. Roka, S.H. Futch and M. Zekri. 2005. Leaf and fruit mineral and peel thickness of 'Hamlin' orange. **Proc. Fla. State Hort. Soc**. 118: 19-21.

Nakajima, Y. 1976. Studies on dry juice sac of Hyuganatsu (*Citrus tamaruna Hort. ex Tanaka*) in late stage of fruit development. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.** 44 (4): 338-346.

Paramasivam, S., A. K. Alva, K.H. Hostler, G.W. Easterwood and J.S. Southwell. 2000. Fruit nutrient accumulation of four orange varieties during fruit development. **J. Plant Nutr**. 23 (3): 313-327.

Paul, D.K. and R.K. Shaha. 2004. Nutrient, vitamins and minerals content in common citrus fruits in the Northern Region of Bangladesh. **Pak. J. Biol. Sci.** 7 (2): 238-242.

Qin, S.W., P.D. Ming and L.H. Tong. 2009. Relationship between granulation and active oxygen metabolism of juice sac in pummelo fruit during maturation. **Sci. Agri. Sin**. 42 (5): 1737-1743.

Reboll, V., M. Cerezo, A. Roig, V. Flors, L. Lapena and P.G. Agutin. 2000. Influence of wastewater vs groundwater on young citrus trees. **J. Sci. Food Agric.** 80: 1441-1446.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Reitz, H.J. and R.R. Hunziker. 1961. A nitrogen rate and arsenic spray experiment of 'Marsh' grapefruit in the Indian river area. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 74: 62-67.

Sharma, R.R. and S.K. Saxena. 2004. Rootstocks influence granulation in Kinnow mandaruin (*Citrus nobilis x C. deliciosa*). **Scientia Hort.** 101: 235-242.

Sharma, R.R., R. Singh and S.K. Saxena. 2006. Characteristics of citrus fruits in relation to granulation. **Scientia Hort.** 111: 91-96.

Shomer, I., E. Chalutz, R. Vasiliver, E. Lomanicc and M. Berman. 1989. Sclerification of juice sacs in pummelo (*Citrus grandis*) fruit. **Can. J. Bot.** 67: 625-632.

Singh, R. 2001. 65-Year research on citrus granulation. **Ind. J. Hort.** 58: 112-144.

Smith, P.F. 1967. A comparison of three nitrogen sources on mature Valencia orange trees. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** 80: 1-7.

Statistic Analysis System. 2002. **SAS User's Guide: Statistic.** NC, USA. SAS Institute.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายโสพัส ธรรมรัตน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	31 ตุลาคมคม พ.ศ.2528
สถานที่เกิด	จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์