

การเปรียบเทียบเอกลักษณ์พันธุ์ของส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ที่มีแหล่งที่มาของพันธุ์แตกต่างกันด้วยเครื่องหมาย AFLP

Comparison of pummelo identity cv. “Thong Dee” and “Khaonamphueng” with different sources of cultivars using AFLP marker

เสาวณี คงศรี^{1*} และ พงษ์นารถ นาวรณันต์¹

Saowanee Kongsri^{1*} and Pongnart Nartvaranant¹

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อตรวจสอบเอกลักษณ์ของส้มโอพันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ซึ่งเป็นพันธุ์ดั้งเดิมของจังหวัดนครปฐม และเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาและข้อมูลทางพันธุกรรมกับกิ่งพันธุ์ที่เกษตรกรนำมาจากแหล่งปลูกอื่น เช่น ปราจีนบุรี ชัยนาท สมุทรสงคราม ทำการตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมด้วยเครื่องหมาย AFLP พบว่าเครื่องหมาย AFLP จำนวน 10 เครื่องหมาย ปรากฏแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 229 แถบดีเอ็นเอ มีแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างระหว่างแถบลายดีเอ็นเอ (polymorphic band) จำนวน 48 แถบดีเอ็นเอ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 แถบดีเอ็นเอต่อไพรเมอร์ คูไพรเมอร์ที่มีค่า polymorphism สูงสุด คือ ACT/CAC มีค่าเท่ากับ 41.18 % ส่วนคูไพรเมอร์ที่มีค่า polymorphism ต่ำสุด คือ AAG/CAA และ AAC/CAC มีค่าเท่ากับ 12.50 % การวิเคราะห์จัดกลุ่มและสร้างแผนภูมิต้นไม้เพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม พบว่ามีค่าดัชนีความเหมือน (SI) อยู่ในช่วง 0.80-1.00 ที่ค่าดัชนีความเหมือนเท่ากับ 0.80 สามารถแบ่งกลุ่มส้มโอทั้ง 54 ตัวอย่าง ออกได้เป็น 2 กลุ่มพันธุ์ คือ ส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง จากนั้นเมื่อพิจารณาข้อมูลความแตกต่างของแหล่งที่มาของกิ่งพันธุ์ พบว่าพันธุกรรมของส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในกลุ่มพันธุ์ที่ปลูกดั้งเดิมกับกลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์มาจากแหล่งอื่น มีความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมกันมาก (SI = 0.99-1.00)
คำสำคัญ: ส้มโอนครชัยศรี, ทองดี, ขาวน้ำผึ้ง, เอกลักษณ์พันธุ์ส้มโอ, เครื่องหมายเอเอฟแอลพี

ABSTRACT: The objectives of this study were to evaluate identity of pummelo cv. “Thong Dee” and “Khaonamphueng” that were original cultivar of Nakhon Pathom province and to compare morphological characters and genetic information with shoot cutting plant reintroduced from other area including Prachin Buri, Chai Nat, Samut Songkram province. Genetic information was analyzed by using 10 AFLP markers. The analysis showed 48 polymorphic bands from a total of 229 band score. The percentages of polymorphic markers ranged from 41.18 % for ACT/CAC to 12.50 % for AAG/CAA and AAC/CAC. Cluster analysis and dendrogram were constructed to show genetic relationship. The similarity index (SI) ranged from 0.80 to 1.00. The 54 pummelo samples were clustered into 2 groups including “Thong Dee” and “Khaonamphueng” cultivars at SI = 0.80. The different sources of “Thong Dee” and “Khaonamphueng” shoot cutting were the same genetic information, resulting they were identical clone (SI = 0.99-1.00).

Keywords: Nakhon Chaisri pummelo, Thong Dee, Khaonamphueng, pummelo identity, AFLP marker

Received May 18, 2018

Accepted August 7, 2018

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม 73000

Crop production and technology division, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, 73000

* Corresponding author: bow_hort61@hotmail.com

บทนำ

ส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ชาวน้ำผึ้งเป็นผลไม้ที่มีชื่อเสียงของจังหวัดนครปฐม เนื่องจากรสชาติที่หวานอร่อย มีเอกลักษณ์ จนได้รับการขนานนามว่าส้มโอนครชัยศรี และได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indications หรือ GI) เพื่อเป็นเครื่องหมายยืนยันว่าเป็นส้มโอจากนครชัยศรีเป็นส้มโอที่มีคุณภาพได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2547) จากเหตุการณ์อุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 ส่งผลให้ต้นส้มโอที่ปลูกในจังหวัดนครปฐมยืนต้นตาย พื้นที่ปลูกลดลงเหลือเพียงประมาณ 1,000 ไร่ จากเดิม 4,000 ไร่ เกษตรกรได้รับความเสียหายประมาณ 200 ล้านบาท (สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์, 2557) ปัญหาที่สำคัญในการฟื้นฟูสวนส้มโอภายหลังจากผ่านวิกฤตการณ์น้ำท่วม คือ ขาดแคลนกิ่งพันธุ์ส้มโอที่มีคุณภาพดี (สำนักข่าวประชาสัมพันธ์นครปฐม, 2554) แม้ว่ารัฐบาลจะจัดทำ โครงการพา “ทองดี” กลับบ้าน แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ เกษตรกรหลายรายจึงแก้ไขปัญหาโดยการสั่งซื้อกิ่งพันธุ์ส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ชาวน้ำผึ้งมาจากพื้นที่อื่นเช่น สมุทรสงคราม นครนายก ปราจีนบุรี เป็นต้น แต่เมื่อปลูกไประยะหนึ่ง (ประมาณ 3 ปี) เกษตรกรพบว่าลักษณะการเจริญเติบโต เช่น การแตกทรงพุ่ม ไม่เหมือนกับลักษณะการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ชาวน้ำผึ้ง ที่เป็นพันธุ์ดั้งเดิมของจังหวัดนครปฐม จึงทำให้เกษตรกรบางรายไม่มั่นใจในสายพันธุ์และตัดสินใจโค่นต้นส้มโอนั้นทิ้ง

สาเหตุที่สำคัญที่ทำให้คุณภาพและรสชาติของส้มโอพันธุ์เดียวกัน แต่ปลูกในพื้นที่แตกต่างกัน มีคุณภาพของผลที่แตกต่างกัน อาจมีสาเหตุมาจาก 1) ความจำเพาะของพื้นที่ปลูก เช่น ธาตุอาหารในดิน สภาพแวดล้อม และการปฏิบัติดูแลรักษาของเจ้าของสวน ส่งผลให้รสชาติหรือลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางอย่างเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละพื้นที่ (Nartvaranant and Nartvaranant, 2011) และ 2) ชื่อพันธุ์เดียวกัน แต่ความจริงแล้วสายพันธุ์อาจแตกต่างกัน เนื่องจากในอดีตเกษตรกรทำการขยายพันธุ์ส้มโอพันธุ์ดีโดยวิธีการเพาะเมล็ด อีกทั้งส้มโอเป็นพืชที่ผสมตัวเองไม่ติด (Self-incompatibility) (Soost, 1964) ต้องมีการผสมข้ามกับพันธุ์อื่นจึงจะติดเมล็ด ดังนั้นเมล็ดส้มโอที่นำไปปลูกจึงมีความแปรปรวนพันธุ์มาก เมื่อนำไป

ปลูกในแต่ละพื้นที่ก็อาจจะใช้ชื่อพันธุ์เดิมหรือตั้งชื่อเรียกใหม่ที่แตกต่างกันออกไป (เสาวณี และ อุดมารุจ, 2551) ต่อมาการขยายพันธุ์ส้มโอนิยมใช้การขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ เช่น การตอนกิ่ง ติดตา หรือเปลี่ยนยอดพันธุ์ดี ซึ่งการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเหล่านี้จะให้ต้นใหม่ที่มีลักษณะเหมือนต้นแม่ทุกประการ แต่สาเหตุอีกหนึ่งประการที่ส่งผลให้ต้นพันธุ์ที่ขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศมีพันธุกรรมแตกต่างกัน คือ การกลายพันธุ์ของเซลล์ต้นพืช (somatic mutant) เช่น การติดปกติของตาที่แตกใหม่ (bud sport) และเมื่อมีการขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่งจากส่วนดังกล่าวก็จะได้นต้นใหม่ที่แตกต่างจากต้นแม่เดิม (Deng et al., 1995)

การใช้เครื่องหมายโมเลกุลเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบเอกลักษณ์และประเมินความหลากหลายของสายพันธุ์พืชเนื่องจากเป็นเทคนิคที่ให้ผลแม่นยำและรวดเร็ว โดยลายพิมพ์ดีเอ็นเอมีความจำเพาะกับพืชแต่ละชนิด อีกทั้งความแปรปรวนสภาพแวดล้อมไม่มีผลต่อการแสดงออก (Ahmad et al., 2003; อัญมณี และ ปณาลี, 2559) ดังนั้นเครื่องหมายโมเลกุลถูกนำมาใช้ในการประเมินและจัดลำดับความสัมพันธ์ของเชื้อพันธุกรรมไม้ผล ได้แก่ การจำแนกพันธุ์ การศึกษาความหลากหลายพันธุ์ และการจัดการเชื้อพันธุกรรม (Fang and Roose, 1997; Corrazza-Nunes et al., 2002; Yong et al., 2005) เครื่องหมายที่นิยมใช้ในการประเมินเชื้อพันธุกรรมของพืชตระกูลส้ม ได้แก่ เครื่องหมาย RAPD RFLP AFLP ISSR และ SSR (Kijas et al., 1997; Ahmad et al., 2003; Yong et al., 2005; Liang et al., 2015) สำหรับเครื่องหมาย AFLP เป็นเครื่องหมายที่นิยม เนื่องจากให้แถบดีเอ็นเอที่มีความหลากหลายสูง (high polymorphism) ไม่ต้องทราบข้อมูลของลำดับเบส ใช้ปริมาณดีเอ็นเอเริ่มต้นน้อย และสามารถทำได้รวดเร็ว (Vos et al., 1995; Nartvaranant and Nartvaranant, 2011)

สำหรับส้มโอในประเทศไทยเมื่อทำการตรวจสอบความหลากหลายสายพันธุ์ส้มโอจำนวน 53 สายพันธุ์ด้วยเครื่องหมาย SSR พบว่ามีความหลากหลายของสายพันธุ์ระดับปานกลาง (เสาวณี และ อุดมารุจ, 2551) เมื่อพิจารณาเฉพาะพันธุ์ทองดี พบว่ากิ่งส้มโอพันธุ์ทองดีที่ขายในงานเกษตร กำแพงแสน กับกิ่งพันธุ์ที่ปลูกอยู่ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตรมีความแตกต่างทางพันธุกรรม (ค่าดัชนีความเหมือน = 0.51)

ในขณะที่ส้มโอพันธุ์ทองดีที่ปลูกอยู่ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตรกับกิ่งพันธุ์ที่นำมาจากจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นพันธุ์เดียวกัน (ค่าดัชนีความเหมือน = 1.00) ดังนั้นความแตกต่างทางพันธุกรรมของกิ่งพันธุ์ส้มโอพันธุ์ทองดี น่าจะเป็นผลมาจากต้นแม่พันธุ์ที่มาจากสายต้นที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Nartvaranant and Nartvaranant (2011) ที่ทำการตรวจสอบความหลากหลายของพันธุ์ส้มโอในเขตภาคกลางด้วยเครื่องหมาย AFLP รายงานว่าส้มโอพันธุ์ทองดีที่ปลูกบริเวณอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม กับจังหวัดพิจิตรมีพันธุกรรมที่เหมือนกัน น่าจะเป็นพันธุ์เดียวกัน แต่การที่คุณภาพผลแตกต่างกันนั้น น่าจะเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อม การที่ข้อมูลของทั้งสองการทดลองแตกต่างกันนั้น นอกจากเรื่องของเทคนิคเครื่องหมายโมเลกุลที่ใช้ประเมินแตกต่างกันแล้ว ตัวอย่างใบส้มโอที่เก็บมาวิเคราะห์ ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญว่า ตัวอย่างพันธุ์ส้มโอของทั้งสองการทดลองมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ข้อมูลความหลากหลายของพันธุ์และข้อมูลเอกลักษณ์ของพันธุ์ส้มโอยังคงขาดความชัดเจน ดังนั้น

การทดลองในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบเอกลักษณ์ของส้มโอพันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ซึ่งเป็นพันธุ์ดั้งเดิมของจังหวัดนครปฐม และทำการเปรียบเทียบความเหมือนของลักษณะทางสัณฐานวิทยา และข้อมูลทางพันธุกรรมกับกิ่งพันธุ์ที่เกษตรกรนำมาจากพื้นที่อื่นโดยทำการเก็บข้อมูลลักษณะทางด้านสัณฐานวิทยาที่เป็นลักษณะประจำพันธุ์ของส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ และตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมด้วยเครื่องหมาย AFLP

วิธีการศึกษา

สำหรับส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 1) กลุ่มสวนที่ใช้กิ่งพันธุ์ดั้งเดิมในพื้นที่จังหวัดนครปฐม คือ สวนที่ไม่โดนอุทกภัยในปี 2554 จำนวน 4 สวน และ 2) สวนส้มโอที่ปลูกพันธุ์ใหม่ จำนวน 5 สวน โดยนำกิ่งพันธุ์ส้มโอมาจากแหล่งอื่น เลือกดต้นส้มโอที่มีความสมบูรณ์และขนาดต้นใกล้เคียงกันภายในพันธุ์ อายุต้นของส้มโอทั้ง 2 กลุ่ม ประมาณ 3-5 ปี เก็บข้อมูลของต้นส้มโอจำนวนสวนละ 3 ต้นต่อสายพันธุ์ (Table 1)

Table 1 Pummelo cultivars in this study

Sample No.	Cultivar ^{1/}	Age	Orchard's owner	Source of pummelo
1-3	Thong Dee	3	Mr. Rung Urasawat	Sampran district, Nakhon pathom province
4-6	Khaonamphueng	3	Mr. Rung Urasawat	Sampran district, Nakhon pathom province
7-9	Thong Dee	3	Ms. Wandee Binak	Sampran district, Nakhon pathom province
10-12	Khaonamphueng	3	Ms. Wandee Binak	Sampran district, Nakhon pathom province
13-15	Thong Dee	5	Mr. Somchai Kuupinkaew	Sampran district, Nakhon pathom province
16-18	Khaonamphueng	5	Mr. Somchai Kuupinkaew	Sampran district, Nakhon pathom province
19-21	Thong Dee	3	Mr. Sompong Tokha	Sampran district, Nakhon pathom province
22-24	Khaonamphueng	3	Mr. Sompong Tokha	Sampran district, Nakhon pathom province
25-27	Thong Dee	3	Mr. Chaiha Rattanakeuakunchai	Nakhon pathom province
28-30	Khaonamphueng	3	Mr. Chaiha Rattanakeuakunchai	Samut Songkram province
31-33	Thong Dee	3	Ms. Chomponuch Meepramun	Received from the government
34-36	Khaonamphueng	3	Ms. Chomponuch Meepramun	Samut Songkram province
37-39	Thong Dee	3	Mr. Yod Tadmalee	Prachin Buri province
40-42	Khaonamphueng	3	Mr. Yod Tadmalee	Kasetsart Fair
43-45	Thong Dee	3	Mr. Bonched kongprajak	Prachin Buri province
46-48	Khaonamphueng	3	Mr. Bonched kongprajak	Samut Songkram province
49-51	Thong Dee	3	Mr. Tatsanai Kanjun	Chi Nat province
52-54	Khaonamphueng	3	Mr. Tatsanai Kanjun	Chi Nat province

^{1/} Three pummelo trees per cultivar in each orchard were used for data collection

การประเมินลักษณะสัณฐานวิทยาประจำพันธุ์ของต้นส้มโอ

เลือกต้นส้มโอที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จากนั้นคัดเลือกกิ่งที่เป็นกิ่งใหม่ในปีนั้น จำนวน 4 กิ่งต่อต้น เลือกเก็บใบในตำแหน่งใบที่ 3-4 เมื่อนับจากปลายยอด ทำประเมินลักษณะรูปร่างทางสัณฐานวิทยาของต้นกิ่ง และใบส้มโอ ได้แก่ ลักษณะเปลือกลำต้น ลักษณะกิ่ง รูปร่างแผ่นใบ รูปร่างปลายใบ ปริมาณขนที่ใบ (ปริมาณขนมาก ขนเล็กน้อย และไม่มีขน) ขนาดใบและหุบใบ อัตราส่วนระหว่างแผ่นและหุบใบ ทำการประเมินสีใบด้วยเครื่อง Color Reader (รุ่น CR-10, บริษัท Minolta Camera ประเทศญี่ปุ่น) และค่าความเขียวใบด้วยเครื่อง chlorophyll meter (รุ่น SPAD 502, บริษัท Minolta Camera ประเทศญี่ปุ่น) สำหรับข้อมูลคุณภาพผลทำการประเมินในผลส้มโอที่มีอายุผลเท่ากัน โดยการเลือกและทำเครื่องหมายไว้ในผลที่ติดอกบานช่วงเดียวกัน จากนั้นในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 (ช่วงส้มในฤดูกาล) เก็บเกี่ยวผลส้มโอที่มีอายุผล 7 เดือน จำนวน 3 ผลต่อต้น ทำการประเมินน้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเปลือก เส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูงผล ความหนาเปลือก สีเปลือก สีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้น

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี T-Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science for Windows version 22 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การสกัดดีเอ็นเอและการเลือกใช้ไพรเมอร์ของเครื่องหมาย AFLP

ทำการศึกษาในช่วงมิถุนายน พ.ศ. 2559 นำใบอ่อนของกิ่งส้มโอที่ตำแหน่งคูใบที่ 1 จำนวน 4 ใบต่อต้น โดยนำมาสกัดดีเอ็นเอตามวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Agrawal et al. (1992) จากนั้นวิเคราะห์เอกลักษณ์พันธุ์ด้วยเครื่องหมาย AFLP โดยเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด คือ *EcoRI* และ *MseI* ในขั้นตอนของการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอใช้ไพรเมอร์ที่มีการเพิ่มเบส 1 ตัวที่ปลาย 3' ของไพรเมอร์ (preselective amplification) และไพรเมอร์ที่มีการเพิ่มเบส 3 ตัวที่ปลาย 3' ของไพรเมอร์ (selective amplification) จำนวน 10 คู่ไพรเมอร์ ประกอบไปด้วย 3 กลุ่ม 1) ACT/CAC

CAG/TGA TAC/TCG AAG/ACC AAG/CTG และ AAG/CAA (Nartvaranant and Nartvaranant, 2011) 2) ACT/CAT AAC/CAC (Liang et al., 2006) และ 3) CAG/ACA CAA/AGG (Compos et al., 2005) ทำการประเมินเอกลักษณ์พันธุ์โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเหมือน (Similarity Index, SI) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของ Jaccard (Jaccard's coefficient) และวิเคราะห์จัดกลุ่มโดยวิธี UPGMA (unweighed pair-group method with arithmetic average) ด้วยโปรแกรม NTSYS-pc version 2.01 (Rohlf, 1997) โดยใช้ค่า cophenetic correlation เป็นค่าที่บอกว่าการจัดกลุ่มอยู่ในเกณฑ์ที่ดีหรือไม่ (Rohlf, 1997)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ส้มโอพันธุ์ทองดี

เมื่อทำการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบความเหมือนของส้มโอพันธุ์ทองดีที่ปลูกอยู่ดั้งเดิมในพื้นที่จังหวัดนครปฐม กับกลุ่มของสวนส้มโอที่นำกิ่งพันธุ์มาจากพื้นที่อื่น เช่น ปราจีนบุรี ชัยนาท และรับแจกมาจากหน่วยงานของรัฐบาลพบว่าส้มโอพันธุ์ทองดีจากทั้ง 2 แหล่ง มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นและใบที่เหมือนกัน โดยลักษณะประจำพันธุ์ คือ ลักษณะเปลือกลำต้นเรียบ กิ่งอ่อนมีลักษณะค่อนข้างแบนและบิด กิ่งแก่มีลักษณะกลม ใบมีรูปร่างเป็นแบบรูปไข่ (ovate oblong) หรือรูปรี (Elliptic) ลักษณะปลายเว้าตื้น (emarginate) หรือมน (obtus) ใบมีขนน้อย ความกว้างและความยาวของแผ่นใบและหุบใบของส้มโอทั้ง 2 กลุ่มมีขนาดใกล้เคียงกัน สำหรับลักษณะรูปร่างของใบส้มโอในแต่ละสายพันธุ์ยังไม่พบรายงาน อาจเนื่องมาจากรูปร่างใบของส้มโอทุกสายพันธุ์มีความคล้ายคลึงกัน อีกทั้งการศึกษาส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่ลักษณะทรงผล และสีเนื้อ โดยรูปร่างของใบส้มโอที่รายงานไว้ คือ รูปไข่ หรือรูปรี (ธรรมบุญ, 2500; กัลปพฤกษ์, 2534) ซึ่งตรงกับรายงานของการทดลองในครั้งนี้ สำหรับค่าสีใบและค่าความเขียวใบ พบว่าค่า L และ b ของส้มโอทั้ง 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่ากลุ่มพันธุ์ดั้งเดิม ($L = 33.0$ $a = -15.0$ $b = 20.1$ และ $SPAD = 62.3$ $SPAD$ unit) มีสีใบที่เขียวเข้มมากกว่ากลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์ส้มโอมาจากแหล่งอื่น ($L = 35.2$ $a = -16.8$ $b = 23.5$ และ $SPAD = 59.0$ $SPAD$ unit) (Figure 1)



Figure 1 Shoot, leaf and fruit of “Thong dee” pummelo cultivar grown in Nakhon pathom province (1) and introduced shoot cutting from different area (2)

สำหรับทรงผลในกลุ่มดั้งเดิมพบเฉพาะทรงผลแบบกลมแป้น (oblate) ส่วนกลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์มาจากแหล่งอื่น พบทั้งแบบกลมแป้น และทรงกลม (spheroid) ใหญ่ผลลาดลง มีจีบเล็กน้อย ก้นผลเรียบหรือเว้าเล็กน้อย สอดคล้องกับรายงานของ วิชัย (2501); วิจิตร (2526) และ ปัญญา (2541) ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ซึ่งถือว่าเข้าเกณฑ์มาตรฐานทั่วไปของส้มโอพันธุ์นี้ น้ำหนักเนื้อประมาณ 62-67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าน้ำหนักเนื้อมากกว่าการทดลองของลพ และคณะ (2555) ที่รายงานไว้ว่าสัดส่วนของเนื้อที่รับประทานได้เท่ากับ 51–55 เปอร์เซ็นต์ ต่อมน้ำมันมีขนาดเล็ก เปลือกผลค่อนข้างบางประมาณ 1.2-1.4 เซนติเมตร ผิวผลมีสีเขียวอ่อนจนถึงเข้ม โดยสีของเปลือกผลทั้งสองกลุ่มมีค่า a ที่ใกล้เคียงกัน แต่ในกลุ่มพันธุ์ดั้งเดิมสีของเปลือกจะเป็นสีเขียวอมเหลืองมากกว่า สีของเปลือกใน (albedo) และผนังกลีบมีสีชมพูอ่อนเรื่อย ๆ สำหรับสีของเนื้อผลพบว่าส้มโอจากทั้ง 2 กลุ่ม มีสีเนื้อเป็นสีชมพูอมแดง เนื้อผลนิ่ม มีความฉ่ำน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) ของส้มโอทั้ง 2 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน (Table 2 and Figure 1) โดยเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานส้มโอของประเทศไทยระบุไว้ว่าส้มโอต้องมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 8 องศาบริกซ์ (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2007) จึงจะถือว่าเป็นส้มโอที่มีคุณภาพ แสดงให้เห็นว่าส้มโอพันธุ์ทองดีที่ผลิตจากสวนในพื้นที่อำเภอนครชัยศรี

และอำเภอสสามพราน มีมาตรฐานตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สำหรับค่าอัตราส่วนของ TSS/TA พบว่าส้มโอกลุ่มพันธุ์ดั้งเดิมกับกลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์มาจากแหล่งอื่นมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยวิชัย (2501) รายงานว่าส้มโอควรมีค่า TSS/TA ตั้งแต่ 15:1 ขึ้นไป รสชาติจึงจะหวานอร่อยถูกใจผู้บริโภค หากค่าอัตราส่วนน้อยกว่านี้จะมีรสเปรี้ยวเกินไป สำหรับค่า TSS และ TA ในครั้งนี้ มีค่าน้อยกว่าในงานทดลองของเยาวรัตน์ (2545) ที่รายงานว่าส้มโอพันธุ์ทองดี อายุต้น 7 ปี มีค่า TSS เท่ากับ 10.01 องศาบริกซ์ และ TA เท่ากับ 0.83 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นผลมาจากอายุต้นที่แตกต่างกัน เนื่องจากอายุต้นส้มโอในการทดลองเท่ากับ 3-5 ปี ซึ่งถือว่ายังเป็นต้นส้มโอสาว รสชาติยังไม่อร่อย จึงส่งผลให้ค่าที่ประเมินได้มีความแตกต่างกัน

ส้มโอพันธุ์ชาวน้ำผึ้ง

สำหรับพันธุ์ชาวน้ำผึ้งพบว่ากลุ่มพันธุ์ดั้งเดิมกับกลุ่มพันธุ์ที่นำกิ่งมาจากพื้นที่อื่น เช่น สมุทรสงคราม ชัยนาท และจากงานเกษตรแฟร์ มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบไม่แตกต่างกัน โดยลักษณะประจำพันธุ์ คือ เปลือกกลีบด้านเรียบ กิ่งอ่อนมีลักษณะค่อนข้างแบนและบิด กิ่งแก่มีลักษณะกลม รูปทรงใบเป็นรูปไข่หรือรูปรี ลักษณะปลายใบเป็นแบบเว้าตื้นหรือมน โดยมีรูปทรงใบเหมือนกับพันธุ์ทองดี ดังนั้นการใช้รูปทรงใบเพื่อจำแนกสายพันธุ์ของส้มโอจึงเป็นเรื่องที่ยาก โดยเฉพาะผู้ที่ไม่คุ้นเคย สำหรับค่าความกว้างและของยาวของแผ่นใบและหุบใบของส้มโอ

Table 2 Peel and flesh color, total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA) and TSS/TA ratio of “Thong dee” pummelo cultivar from different source of shoot cutting

Source	Peel			Flesh			TSS (°B)	TA (%)	TSS/TA
	L	a	b	L	a	b			
Native	48.3±0.9	-11.3±0.8	28.8±0.6	42.9±2.4	3.5±1.1	9.5±0.9	8.7±0.4	0.45±0.0	19.7±1.5
Other areas	45.4±0.9	-10.9±0.9	25.1±1.0	41.8±1.0	3.4±2.8	9.8±1.9	8.3±0.4	0.45±0.0	18.6±1.1
T-Test	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Statistical significance for the differences among values was assessed where ns = non-significant and

* = significant at $P \leq 0.05$.

ทั้งสองกลุ่มมีขนาดใกล้เคียงกัน (Figure 2) แต่เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของความยาวของแผ่นใบต่อหูใบของส้มโอทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มพันธุ์ที่นำกิ่งมาจากแหล่งอื่นมีอัตราส่วนเท่ากับ 3.4 และกลุ่มพันธุ์ดั้งเดิมมีอัตราส่วนเท่ากับ 2.9 แสดงว่ากลุ่มพันธุ์ที่นำกิ่งมาจากแหล่งอื่นมีหูใบที่สั้นกว่า สำหรับค่าสีใบและค่าความเขียวใบ พบว่าค่า L a และ b ของส้มโอทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มพันธุ์ดั้งเดิม ($L = 32.7$ $a = -14.5$ $b = 19.7$ และ SPAD = 64.0 SPAD unit) มีสีใบที่เขียวเข้มมากกว่ากลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์ส้มโอมาจากแหล่งอื่น ($L = 37.0$ $a = -17.7$ $b = 26.0$ และ SPAD = 54.9 SPAD unit)

ทรงผลเป็นแบบทรงกลม (spheroid) หรือกลมสูง (obovoid) ไหลผลไม่เท่ากันทั้งสองข้าง ไม่มีจุดกั้นผลเรียบหรือเว้าเล็กน้อย สอดคล้องกับรายงานของ วิชัย (2501); วิจิตร (2526) และ กัลปพฤกษ์ (2534) ผลมีขนาดปานกลาง น้ำหนักประมาณ 1.6 กิโลกรัม

น้ำหนักเนื้อประมาณ 55-59 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับที่เคยมีรายงานในส้มโอพันธุ์นี้ คือ 50.6-61.5 เปอร์เซ็นต์ (ลพ และคณะ, 2555) ต่อมาน้ำมันมีขนาดใหญ่พูนขึ้น เปลือกค่อนข้างหนาประมาณ 1.7-1.9 เซนติเมตร ผิวผลมีสีเขียวอ่อนจนถึงเข้ม โดยสีของเปลือกผลทั้งสองกลุ่มมีค่า L a และ b ใกล้เคียงกัน สำหรับสีของเนื้อผลพบว่าเนื้อผลมีสีเหลืองเหมือนสีของน้ำผึ้ง โดยกลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์มาจากแหล่งอื่นมีสีเหลืองน้ำผึ้งมากกว่ากลุ่มพันธุ์ดั้งเดิม (Figure 2 และ Table 3) ส้มโอกลุ่มพันธุ์ดั้งเดิมมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่ากลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์มาจากแหล่งอื่น สำหรับค่าปริมาณกรดมีค่าใกล้เคียงกัน อัตราส่วนของ TSS/TA พบว่ากลุ่มพันธุ์ดั้งเดิมมีค่ามากกว่ากลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์มาจากแหล่งอื่น แสดงว่าส้มโอกลุ่มพันธุ์ดั้งเดิมมีรสชาติที่อร่อยกว่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการปฏิบัติดูแลรักษาที่ต่างกัน



Figure 2 Shoot, leaf and fruit of “Khaonamphueng” pummelo cultivar grown in Nakhon pathom province (3) and introduced shoot cutting from different area (4)

Table 3 Peel and flesh color, total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA) and TSS/TA ratio of “Khaonamphueng” pummelo cultivar from different area

Source	Peel			Flesh			TSS (°B)	TA (%)	TSS/TA
	L	a	b	L	a	b			
Native	51.3±1.7	-12.5±0.7	31.1±1.8	42.5±1.1	0.1±0.0	6.8±1.0	9.2±0.0	0.53±0.0	17.6±0.1
Other areas	46.1±1.4	-10.7±1.2	23.9±0.1	46.1±2.2	0.2±0.1	8.9±0.6	8.7±0.1	0.55±0.0	16.0±0.2
T-Test	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*

Statistical significance for the differences among values was assessed where ns = non-significant and

* = significant at $P \leq 0.05$

ศึกษาเอกลักษณ์ประจำพันธุ์ของส้มโอพันธุ์ทองดี และพันธุ์ชาวน้ำผึ้ง ด้วยเครื่องหมาย AFLP

การตรวจสอบเอกลักษณ์พันธุ์ของส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ชาวน้ำผึ้งที่มีแหล่งที่มาของพันธุ์ต่างกันด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด AFLP จำนวน 10 คู่ไพรเมอร์ พบว่าปรากฏแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 229 แถบดีเอ็นเอ ขนาดของแถบดีเอ็นเออยู่ระหว่าง 118-726 bp พบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างระหว่างแถบลายดีเอ็นเอจำนวน 48 แถบดีเอ็นเอ เครื่องหมาย AFLP จำนวน 10 คู่ไพรเมอร์ มีค่า polymorphism เฉลี่ยที่ค่อนข้างต่ำคือ 20.96% (Table 4)

การเลือกใช้เครื่องหมาย AFLP ในการทดลองนำมาจาก Nartvaranant and Nartvaranant (2011) ที่ทำการศึกษาส้มโอในเขตภาคกลางของประเทศไทย จำนวน 97 ตัวอย่างด้วยเครื่องหมาย AFLP โดยเลือกเฉพาะไพรเมอร์ที่มีค่า polymorphism มากกว่า 48 % ขึ้นไป

ส่วนเครื่องหมาย AFLP ที่เหลือนำมาจากการทดลองของ Liang et al. (2006) และ Compos et al. (2005) ทำการศึกษานุกรมวิธานของพืชตระกูล Citrus โดยไพรเมอร์ที่เลือกมาใช้เป็นไพรเมอร์ที่มีค่า polymorphism ที่สูง คือ 50% และ 86% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับผลการทดลองในครั้งนี้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากตัวอย่างที่นำมาศึกษาน้อย มีเพียงพันธุ์ทองดีและพันธุ์ชาวน้ำผึ้ง อีกทั้งส้มโอพันธุ์การค้ายังมีฐานพันธุกรรมแคบ (Nartvaranant and Nartvaranant, 2011) จึงมีค่า polymorphism เฉลี่ยที่ค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเครื่องหมาย AFLP ทั้ง 10 คู่ไพรเมอร์ ที่ใช้ในการทดลองสามารถแบ่งกลุ่มของส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ชาวน้ำผึ้งได้อย่างชัดเจน สำหรับการทดลองครั้งต่อไปควรเพิ่มจำนวนเครื่องหมาย AFLP ให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรม

Table 4 AFLP markers, number of DNA band, polymorphic band and polymorphism percentage of 10 SSR markers

AFLP marker	No. of DNA band	Polymorphic band	Polymorphism (%)	Source of primer
AAG/ACC	21	4	19.05	Nartvaranant and Nartvaranant, 2011
AAG/CAA	32	4	12.50	
AAG/CTG	20	5	25.00	
ACT/CAC	17	7	41.18	
CAG/TGA	19	3	15.79	
TAC/TCG	13	4	30.77	
AAC/CAC	24	3	12.50	Liang et al., 2006
ACT/CAT	24	6	25.00	
CAA/AGG	32	5	15.63	Compos et al, 2005
CAG/ACA	27	7	25.93	
Total	229	48		
Mean	22.9	4.8	20.96	

การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของส้มโอ

ประเมินค่าดัชนีความเหมือน (Similarity Index, SI) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของ Jaccard (Jaccard's coefficient) และนำข้อมูลค่าดัชนีความเหมือน มาทำการวิเคราะห์จัดกลุ่มโดยวิธี UPGMA (unweighed pair-group method with arithmetic average) พบว่าที่ค่าดัชนีความเหมือนเท่ากับ 0.80 สามารถแบ่งกลุ่มส้มโอออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ส้มโอพันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (Figure 3) สำหรับตัวอย่างที่เกิดความผิดพลาดในการเก็บรวบรวม คือ ตัวอย่างหมายเลข 5 ซึ่งเป็นส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง แต่จากผลการวิเคราะห์พบว่าถูกจัดอยู่ในกลุ่มของส้มโอพันธุ์ทองดี แสดงให้เห็นว่าการจำแนกพันธุ์โดยใช้เพียงลักษณะภายนอกเพียงอย่างเดียว เช่น ลักษณะใบ รูปทรงใบ ยังมีโอกาสผิดพลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส้มโอ ซึ่งลักษณะภายนอกของใบในส้มโอในแต่ละ

สายพันธุ์มีความคล้ายคลึงกันมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Bo et al. (2014) รายงานว่าการจำแนกสายพันธุ์ของส้มโอโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวเป็นเรื่องที่ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อส้มโอชนิดนั้นยังไม่มีผล เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มพันธุ์ทองดีโดยใช้ข้อมูลความแตกต่างของแหล่งที่มาของกิ่งพันธุ์ พบว่าพันธุ์กรรมของส้มโอพันธุ์ทองดีในกลุ่มพันธุ์ดั้งเดิมกับกลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์มาจากแหล่งอื่น มีความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมกันมาก ($SI = 0.99-1.00$) สำหรับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งก็ให้ผลการทดลองที่เหมือนกัน คือ ทั้ง 2 กลุ่ม มีความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรม ($SI = 0.99-1.00$) เมื่อวิเคราะห์การกระจายของตัวอย่างส้มโอจำนวน 54 ตัวอย่าง พบว่าค่า cophenetic correlation (r) มีค่าเท่ากับ 0.9998 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่า การจัดกลุ่มของส้มโออยู่ในเกณฑ์ที่ดี (Nartvaranant and Nartvaranant, 2011; Rohlf, 1997)

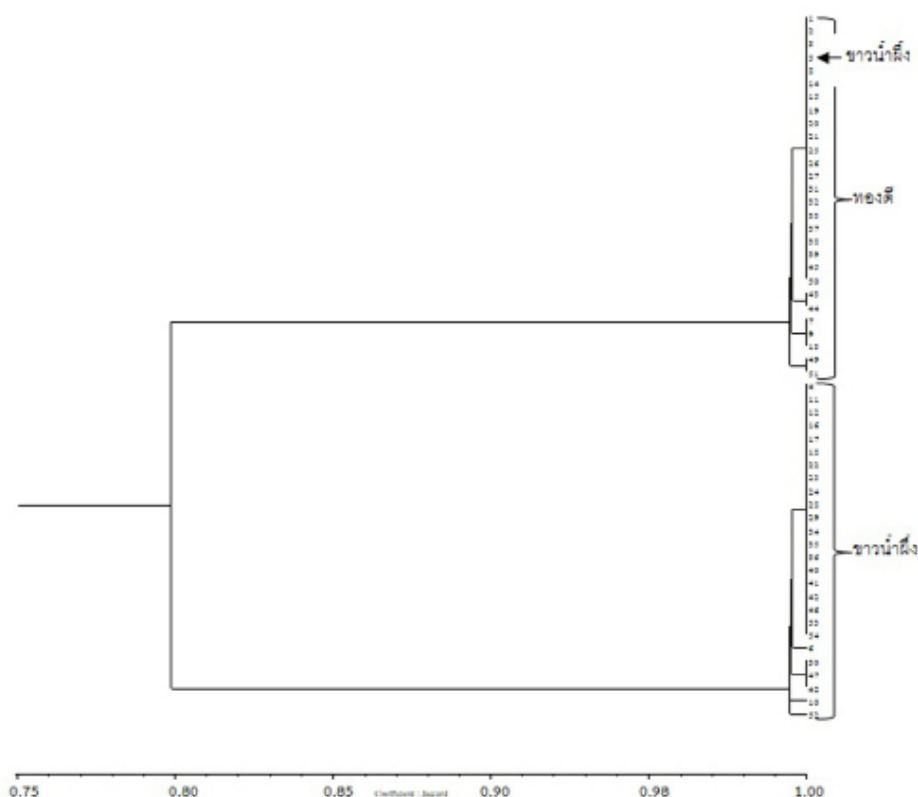


Figure 3 UPGMA dendrogram of 54 pummelo samples using 10 AFLP markers and co-phenetic correlation value (r) = 0.9998

จากข้อมูลการตรวจเอกลักษณ์พันธุ์ด้วยเครื่องหมาย AFLP ทำให้เกษตรกรมีความมั่นใจว่าส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่มีแหล่งที่มาของกิ่งพันธุ์ต่างกัน มีความเหมือนกัน อาจเป็นผลมาจากในปัจจุบันการขยายพันธุ์ส้มโอนิยมใช้การขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ เช่น การตอนกิ่ง ติดตา หรือการเปลี่ยนยอดพันธุ์ ทำให้ได้ต้นใหม่ที่มีลักษณะเหมือนต้นแม่ทุกประการ อีกทั้งเกษตรกรในพื้นที่พยายามเสาะแสวงหาแหล่งพันธุ์ที่เคยนำส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในพื้นที่อำเภอนครชัยศรีและอำเภอสางคราไปปลูก เช่น จังหวัดนครนายก ดังนั้นจึงทำให้พันธุ์กรรมของส้มโอของกลุ่มที่ปลูกอยู่ดั้งเดิมกับกลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์ที่นำมาจากแหล่งอื่นมีความคล้ายคลึงกันมาก แต่อย่างไรก็ตามควรเลือกกิ่งพันธุ์ส้มโอควรนำมาจากแหล่งที่เชื่อถือได้เนื่องจากในพันธุ์ทองดียังพบความแปรปรวนของสายพันธุ์ที่ปลูกต่างพื้นที่กัน (เสาวณี และอุดรจุ, 2551) ซึ่งเป็นผลมาจากต้นแม่พันธุ์ที่มาจากสายต้นที่มีพันธุ์กรรมแตกต่างกัน เนื่องจากในอดีตส้มโอพันธุ์ขยายพันธุ์โดยวิธีการเพาะเมล็ด สำหรับส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจสอบความแปรปรวนของสายพันธุ์ ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องคัดเลือกสายต้นที่ดีเพื่อนำมาปลูก โดยเฉพาะส้มโอที่ใช้เวลานานประมาณ 3-5 ปี จึงจะสามารถให้ผลและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี หากเกษตรกรได้พันธุ์ไม่ดีมาปลูก ก็จะทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมาก

สรุป

ลักษณะประจำพันธุ์ของส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวน้ำผึ้ง

การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบความเหมือนของส้มโอพันธุ์ทองดีที่ปลูกอยู่ดั้งเดิมในพื้นที่จังหวัดนครปฐม กับกลุ่มของสวนที่นำกิ่งพันธุ์มาจากแหล่งอื่น เช่น ปราจันบุรี ชัยนาท และรับแจกมาจากรัฐบาล พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของส้มโอทั้ง 2 กลุ่ม ส่วนใหญ่มีความเหมือนกัน แตกต่างกันเฉพาะสีใบและเปลือกผล คือ กลุ่มส้มโอพันธุ์ทองดีที่ปลูกอยู่ดั้งเดิมจะมีสีของใบที่เข้มกว่า เปลือกผลจะมีสีเขียวปนเหลืองมากกว่ากลุ่มที่นำกิ่งมาจากแหล่งอื่น

ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบว่ากลุ่มที่ปลูกอยู่ดั้งเดิม และกลุ่มที่นำกิ่งพันธุ์มาจากแหล่งอื่น เช่น ชัยนาท สมุทรสงคราม และจากงานเกษตรแฟร์

ส่วนใหญ่มีลักษณะลักษณะประจำพันธุ์ที่เหมือนกัน ยกเว้นสีใบ สีเนื้อผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ คือ กลุ่มที่ปลูกอยู่ดั้งเดิมจะมีสีของใบที่เข้มกว่า และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่ากลุ่มที่นำกิ่งมาจากแหล่งอื่น ในขณะที่สีของเนื้อผลเป็นสีเหลือง น้ำผึ้งเข้มข้นกว่ากลุ่มที่นำกิ่งมาจากแหล่งอื่น

การตรวจสอบเอกลักษณ์ของพันธุ์ส้มโอด้วยเครื่องหมาย AFLP

ตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมของส้มโอด้วยเครื่องหมาย AFLP จำนวน 10 เครื่องหมาย พบว่าที่ค่าดัชนีความเหมือนเท่ากับ 0.80 สามารถแบ่งกลุ่มส้มโอได้เป็น 2 กลุ่มพันธุ์ คือ ส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง แสดงให้เห็นว่ากิ่งพันธุ์ในกลุ่มพันธุ์ดั้งเดิมกับกลุ่มที่นำมาจากแหล่งอื่นมีความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมกันมาก ($SI = 0.99-1.00$)

คำขอบคุณ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการมุ่งเป้าตอบสนองความต้องการพัฒนาประเทศ ปี 2558 กลุ่มเรื่องนวัตกรรมเพื่อสังคมและชุมชน ซึ่งเป็นทุนที่ได้รับความร่วมมือระหว่างสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพย์สินทางปัญญา. 2547. ส้มโอนครชัยศรี. แหล่งข้อมูล: http://www.ipthailand.go.th/images/781/pamelo-nakonchaisri_1.pdf. ค้นเมื่อ 9 กรกฎาคม 2561.
- กัลปพฤกษ์ ลีละวัฒน์. 2534. การศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของผลส้มโอ 7 พันธุ์. ปัญหาพิเศษปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธรรมบุญ เปรมสุนทร. 2500. การสำรวจส้มโอบางพันธุ์ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสิริกรรมและสัตวบาล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปัญญา ธยามานนท์. 2541. เอกสารวิชาการที่ 21 เรื่อง ส้มโอ. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว. 2545. การเจริญเติบโตพัฒนาของผลส้มโอขาวน้ำผึ้งและลักษณะสำคัญของผลพันธุ์อื่น ๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

- ลพ ภานุทานนท์, กฤษณา กฤษณพุกต์, และยงยุทธ โอสถ
สภา. 2555. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินในแหล่ง
ปลูกกับปริมาณและคุณภาพผลผลิตส้มโอ. รายงาน
ฉบับฉบับสมบูรณ์ชุดโครงการส้มโอเพื่อการส่ง
ออก สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุน
การวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.
- วิจิตร วังโน. 2526. ชนิดและพันธุ์ไม้ผลเมืองไทย. ห้างหุ้น
ส่วนจำกัดมิตรเกษตรตลาดและโฆษณา, กรุงเทพฯ.
- วิชัย บุญญะวัฒน์. 2501. การศึกษาลักษณะผลส้มโอที่
สำคัญ 11 พันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษารวมและ
สัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เสาวณี คงศรี และอุณาจุ บุญประกอบ. 2551. การ
ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของส้มโอ
ในประเทศไทยด้วยเครื่องหมาย Simple Sequence
Repeat (SSR). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์. 2557. จังหวัดนครปฐมให้
โอกาสส้มโอจังหวัดอื่นมาจำหน่าย. แหล่งข้อมูล: <http://www.thainews.prd.go.th>. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2558.
- สำนักข่าวประชาสัมพันธ์นครปฐม. 2554. สวนส้มโอ
นครปฐมยืนต้นตายหลังถูกน้ำท่วมเสียหายนับ 200
ล้านบาท. แหล่งข้อมูล: <http://pr.prd.go.th/nakhonpathom>. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2558.
- อัญมณี อวูชานนท์ และปณาลี ภูวกรกุลชัย. 2559. การ
ประเมินความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชทอง
ไทย 29 สายพันธุ์ ด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ AFLP.
แก่นเกษตร. 44: 237-246.
- Agrawal, G.K., R.N. Pandey, and V.P. Agrawal.
1992. Isolation of DNA from *Cheerospondias*
asillaris leaves. Biotech. Biodiv. Lett. 2: 19-24.
- Ahmad, R., D. Struss, and S. M. Southwick. 2003.
Development and characterization of
microsatellite markers in *Citrus*. J. Amer. Soc.
Hort. Sci. 128: 584-590.
- Bo W., Z. Guang-yan, Y. Jian-qiang, Y. Run-ting, L.
Chong Li, L. Yue-jia, Z. Yun, W. Xuan, J. Bo, Z.
Ji, Z. Li, Y. Shu-tang, B. Xue-jun, and Z. Dong-
guo. 2014. Identification of pummelo cultivars
by using a panel of 25 selected SNPs and 12
DNA segments. PLOS ONE. 9: e94506.
- Compos, E.T., M.A.G. Espinosa, M.L. Warburton, A.S.
Varela, and A.V. Monter. 2005. Characterization
of mandarin (*Citrus* spp.) using morphological
and AFLP markers. Interiencia 30: 687-693.
- Corazza-Nunes, M. J., M. A. Machado, W. M. C. Nunes,
M. Cristofani, and M. L. P. N. Targon. 2002.
Assessment of genetic variability in grapefruits
(*Citrus paradisi* Macf.) and pummelos (*C. maxima*
(Burm.) Merr.) using RAPD and SSR markers.
Euphytica. 126: 169-176.
- Deng, Z.N., A. Gentile, E. Nicolosi, F. Domina, A.
Vardi, and E. Tribulato. 1995. Identification of
in vivo and *in vitro* lemon mutants by RAPD
marker. J. Hort. Sci. 70: 117-125.
- Fang, D. Q., and M. L. Roose. 1997. Identification of
closely related citrus cultivars with inter-simple
sequence repeat markers. Theor. Appl. Genet.
95: 408-417.
- Kijas, J. M. H., M. R. Thomas, J. C. S. Fowler, and M.
L. Roose. 1997. Integration of trinucleotide
microsatellites into a linkage map of Citrus.
Theor. Appl. Genet. 94: 701-706.
- Liang, M., X. Yang, H. Li, S. Su, H. Yi, L. Chai, and X.
Deng. 2015. De novo transcriptome assembly of
pummelo and molecular marker development.
PLOS ONE. 10: e0120615.
- Nartvaranant, P., and K. Nartvaranant. 2011.
Analysis based on AFLP markers of the
genetic variations and their relationships for
pummelo cultivars grown in the central region
of Thailand. Songklanakarin J. Sci. Technol.
33(5): 499-508.
- National Bureau of Agricultural Commodity and
Food Standards. 2007. Agricultural Standard
TAS 13 – 207: Pummelo. Ministry of
Agriculture and Cooperatives. The Royal
Gazette Vol. 124: Section 78D.
- Rohlf, F.I. 1997. NTSYSpc: Numerical Taxonomy
and Multivariate Analysis System, Version
2.00. Exeter Software; Setauket, N.Y.
- Soost, R.K. 1964. Self-incompatibility in *Citrus grandis* (L.)
Osbeck. Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. 84: 137-140.
- Yong, L., S. Zhong-hai, L. De-chun, W. Bo, and T.
Jian-jun. 2005. Assessment of the
genetic diversity of pummelo germplasms
using AFLP and SSR markers. China Agric.
Sci. 38: 2308-2315.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T.V.
Lee, M. Hormes, A. Frijters, T. Plot, J.
Peleman, M. Kuiper, and M. Zebeau. 1995.
AFLP: A new technique for DNA fingerprinting.
Nucl. Acids Res. 23: 4407-4414.