รายงานสรุปผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 2)

Oil Palm Breeding for High Oil Yielding (Phase 2)

คณะนักวิจัย

ศ.ดร. ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ (หัวหน้าโครงการ)

นายนิทัศน์ สองศรี (ผู้ร่วมวิจัย)

นายประกิจ ทองคำ (ผู้ร่วมวิจัย)

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประเภท งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2552-2553

ส่วนที่ 1 หน้าปก

รายงานสรุปผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 2)

Oil Palm Breeding for High Oil Yielding (Phase 2)

คณะนักวิจัย

ศ.ดร. ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ (หัวหน้าโครงการ)

นายนิทัศน์ สองศรี (ผู้ร่วมวิจัย)

นายประกิจ ทองคำ (ผู้ร่วมวิจัย)

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประเภท งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2552-2553

ส่วนที่ 2 เนื้อหา

1. **ชื่อโครงการวิจัย** การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 2)

2. คณะนักวิจัย และคณะหน่วยงานต้นสังกัด

1.1 ศ.ดร. ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ (Mr. Theera Eksomtramage) (หัวหน้าโครงการ)

ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112

โทร (074) 286-143 โทรสาร (074) 459-384

e-mail : theera.e@psu.ac.th

1.2 นายนิทัศน์ สองศรี (Mr. Nitas Songsri)

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112

โทร (074) 473-473

1.3 นายประกิจ ทองคำ (Mr. Prakit Tongkum)

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112

โทร (074) 473-473

3. สารบัญ

รายการ	หน้า
1. ชื่อโครงการวิจัย การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 2)	1
2. คณะนักวิจัย และคณะหน่วยงานต้นสังกัด	2
3. สารบัญ	3
4. กิตติกรรมประกาศ	4
5. รายการบทความที่ตีพิมพ์แล้ว	5
6. บทคัดย่อ	6
7. บทสรุป (Executive Summary)	7
7.1 ความเป็นมา	7
7.2 ระยะเวลาวิจัย	7
7.3 แหล่งทุนสนับสนุน	7
7.4 การดำเนินการวิจัย	7
7.5 ผล และการอภิปรายผล	8
7.6 การนำไปใช้ประโยชน์	11
8. ภาคผนวก	12
- บทความที่ตีพิมพ์แล้ว	12

4. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้สนับสนุนโครงการวิจัยนี้

5. รายการบทความที่ตีพิมพ์แล้ว

(1) ลักษณะทางลำต้นและอัตราพันธุกรรมในระยะกล้าของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)

(2) สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางลำต้นในระยะกล้าปาล์มน้ำมัน

(3) ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและองค์ประกอบผลผลิตทะลายในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน

(4) การตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลูกผสมปาล์มน้ำมันโดยใช้เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์

(5) สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)

(6) พันธุกรรมของสีผลและลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันโดยการทดสอบในลูกผสมเทเนอรา

(7) อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

(8) สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันดูรา

(9) การชักนำพอลีพลอยด์และลักษณะสัณฐานของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

(10) Cloning and expression of a plastid-encoded subunit, beta-carboxyltransferase gene (accD) and a nuclear-encoded subunit, biotin carboxylase of acetyl-CoA carboxylase from oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)

6. บทคัดย่อ

การดำเนินการวิจัยของโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ให้ผลผลิตน้ำมันสูง และปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมในบางพื้นที่ปลูกของภาคใต้ และเพื่อพัฒนาประชากรสายพันธุ์แม่ (ดูรา) และสายพันธุ์พ่อ (พิสิเฟอรา) ใช้ในการผลิตลูกผสมเทเนอรา การวิจัยได้ใช้เชื้อพันธุกรรมปาล์มน้ำมันของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ คือการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ดูราและพิสิเฟอรา การผสมพันธุ์ระหว่างต้นพ่อแม่ การทำเมล็ดงอก การเพาะกล้า และการปลูกทดสอบพันธุ์ คู่ผสมที่ผ่านการคัดเลือกและผสมพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสมเทเนอรา แม่พันธุ์ดูรา และพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา ได้ปลูกทดสอบพันธุ์ที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และแปลงเกษตรกร ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 โดยมีพันธุ์ลูกผสมเทเนอราการค้าเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ นอกจากนี้ทางโครงการได้มีการเก็บข้อมูลต่อเนื่องจากงานปรับปรุงพันธุ์ที่ทำไปแล้วของโครงการ "การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 1)" และโครงการ "การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน" รวมทั้งยังมีความร่วมมือกับโครงการทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพและชีวโมเลกุล

ผลการศึกษาทำให้ได้องค์ความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์เกี่ยวกับลักษณะผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรต่างๆ ของปาล์มน้ำมัน สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์และทางจีโนไทป์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน และเครื่องหมายโมเลกุล (ยีน *accD* และ ยีน *accC*) ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อการผลิตพันธุ์ลูกผสมเทเนอราที่ให้ผลผลิตน้ำมันและผลผลิตทะลายสูง รวมทั้งได้ปรับปรุงประชากรแม่พันธุ์ดูราและพ่อพันธุ์พิสิเฟอราเพื่อใช้ในการพัฒนาลูกผสมเทเนอราพันธุ์ดีที่มีผลผลิตน้ำมันและผลผลิตทะลายสูง

7. บทสรุป (Executive Summary)

7.1 ความเป็นมา

โครงการ "การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 2)" นี้ เป็นโครงการที่ดำเนินการต่อเนื่องจากโครงการ "การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 1)" โดยได้ทำการสร้างลูกผสมเทเนอรา และคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ดูรา-พิสิเฟอราเพิ่มเติม และโครงการ "การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน" ซึ่งได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ระหว่างปี พ.ศ. 2537-2543

โครงการ "การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 2)" นี้ มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ

1) เพื่อพัฒนาพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ให้ผลผลิตน้ำมันสูง และปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมในบางพื้นที่ปลูกของภาคใต้

2) เพื่อพัฒนาประชากรสายพันธุ์แม่ (ดูรา) และสายพันธุ์พ่อ (พิสิเฟอรา) ใช้ในการผลิตลูกผสมเทเนอรา

อย่างไรก็ตามเนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่ต้องใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ยาวนาน ดังนั้นผลการศึกษาในโครงการ "การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 2)" นี้ จึงประกอบด้วยงานวิจัย 2 ส่วน คือ ผลงานวิจัยหลักตามข้อเสนอของโครงการ และผลงานวิจัยที่เก็บข้อมูลต่อเนื่องจากงานที่ทำไปแล้วของโครงการ "การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 1)" และโครงการ "การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน" รวมทั้งผลงานวิจัยที่เกิดจากความร่วมมือกับโครงการทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพและชีวโมเลกุล

7.2 ระยะเวลาวิจัย 2 ปี (พ.ศ. 2552-2553)

7.3 แหล่งทุนสนับสนุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

7.4 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยของโครงการได้ใช้เชื้อพันธุกรรมปาล์มน้ำมันของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ คือการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ดูราและพิสิเฟอรา การผสมพันธุ์ระหว่างต้นพ่อแม่ การทำเมล็ดงอก การเพาะกล้า และการปลูกทดสอบพันธุ์ คู่ผสมที่ผ่านการคัดเลือกและผสมพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสมเทเนอรา แม่พันธุ์ดูรา และพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา ได้ปลูกทดสอบพันธุ์ที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และแปลงเกษตรกร ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 โดยมีพันธุ์ลูกผสมเทเนอราการค้าเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ นอกจากนี้ทางโครงการได้มีการเก็บข้อมูลต่อเนื่องจากงานปรับปรุงพันธุ์ที่ทำไปแล้วของโครงการ "การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มี

ผลผลิตน้ำมันสูง (ระยะที่ 1)" และโครงการ "การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน" รวมทั้งยังมีความร่วมมือกับโครงการทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพและชีวโมเลกุล

7.5 ผล และการอภิปรายผล

7.5.1 ผลงานวิจัยที่เกิดจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

มีจำนวน 4 เรื่อง คือ

(1) ลักษณะทางลำต้นและอัตราพันธุกรรมในระยะกล้าของปาล์มน้ำมัน

(2) สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางลำต้นในระยะกล้าปาล์มน้ำมัน

(3) ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและองค์ประกอบผลผลิตทะลายในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน

(4) สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน

ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

เชื้อพันธุกรรมปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการปรับปรับปรุงพันธุ์ครั้งนี้ ประกอบด้วยปาล์มน้ำมัน 3 แบบ คือ ดูรา เทเนอรา และ พิสิเฟอรา แต่ละต้นมีลักษณะโครงสร้างทางพันธุกรรมเป็นพันธุ์แท้ 50 เปอร์เซ็นต์ และเป็นพันธุ์ทาง 50 เปอร์เซ็นต์ พันธุกรรมต้นกำเนิดของปาล์มน้ำมันมาจากเดลี ดูรา และ AVROS พิสิเฟอรา การประเมินความแปรปรวน สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์เส้นทาง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในแปลงเชื้อพันธุกรรมนี้ พบว่า ลักษณะทางการเกษตรส่วนใหญ่ของปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แบบ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักทะลายทั้งหมด จำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย ความยาวทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ความยาวใบย่อย ความกว้างโคนทางใบ และความหนาโคนทางใบ ลักษณะจำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักทะลายทั้งหมดของปาล์มน้ำมันแบบต่างๆ โดยเฉพาะลักษณะจำนวนทะลายพบว่า มีอิทธิพลทางตรงต่อน้ำหนักทะลายทั้งหมดของปาล์มน้ำมันสูงที่สุด การประเมินอัตราพันธุกรรมแบบกว้างพบว่า ทุกลักษณะทางการเกษตรมีค่าต่ำ

การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ดีในแปลงเชื้อพันธุกรรม โดยพิจารณาจากลักษณะทางการเกษตรค่าดัชนีสำหรับการตัดสินใจคัดเลือก และผลผลิตน้ำมัน สามารถคัดเลือกต้นปาล์มน้ำมันดูรา จำนวน 12 ต้น เทเนอรา จำนวน 2 ต้น และ พิสิเฟอรา จำนวน 6 ต้น ต้นที่คัดเลือกได้สามารถนำมาสร้างประชากรปาล์มน้ำมันรอบใหม่ได้ จำนวน 5 กลุ่มประชากร คือ ลูกผสมเทเนอรา จำนวน 12 คู่ผสม ประชากรดูราผสมตัวเอง จำนวน 2 คู่ผสม ประชากรดูราผสมข้ามระหว่างต้นดูราคัด จำนวน 2 คู่ผสม ประชากรพิสิเฟอรา ผสมข้ามระหว่างเทเนอราคัดกับพิสิเฟอราคัด จำนวน 6 คู่ผสม และประชากรผสมเปิด ที่คัดเลือกจากต้นแม่ดูรา จำนวน 8 ต้น การเปรียบเทียบลักษณะทางลำต้นของกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา ม.อ. ทั้ง 12 คู่ผสม พบว่าลักษณะต่างๆ ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่น จำนวนใบรูปขนนก จำนวนใบรวม ขนาดโคนต้น ความสูงลำต้น และความยาวใบ เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางลำต้นของกล้าปาล์มน้ำมันระหว่างกลุ่มประชากรปรับปรุง พบว่า

ลักษณะต่างๆ ดังกล่าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเฉพาะประชากรดูราที่เกิดจากการผสมตัวเองมี inbreeding depression สูงที่สุด และประชากรดูราที่เกิดจากการผสมระหว่างต้นดูราคัดมี inbreeding depression รองลงมา

การเปรียบเทียบลักษณะของกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา ม.อ. บางคู่ผสม (พันธุ์) กับพันธุ์การค้าอื่นโดยวิธีไม่ทำลายต้น พบว่า ที่อายุปาล์ม 3, 6, 9 และ 12 เดือน ทุกลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ จำนวนใบรูปหอก ใบรูปสองแฉก และใบรูปขนนก ความยาวใบ ขนาดโคนต้น และ ความสูงลำต้น มีความแตกต่างทางสถิติในทุกอายุของปาล์มน้ำมัน พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของทุกลักษณะสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ พันธุ์สุราษฎร์ธานี 3

การเปรียบเทียบลักษณะของกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา ม.อ. บางคู่ผสม (พันธุ์) กับพันธุ์การค้าอื่นโดยวิธีทำลายต้น พบว่า ที่อายุปาล์ม 9 เดือน พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ และความยาวรากสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ คือพันธุ์โกลด์เด้นเทเนอรา สำหรับลูกผสมเทเนอรา ม.อ. พบว่า พันธุ์ ม.อ. 119 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและแห้งใบ น้ำหนักสดและแห้งลำต้น น้ำหนักสดและแห้งราก และ น้ำหนักสดและแห้งรวมทั้งต้นสูงกว่าทุกพันธุ์ที่ศึกษา นอกจากนี้ยังมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR, relative growth rate) และค่าสัมประสิทธิ์ในการสร้างน้ำหนักแห้ง (NAR, net assimilation rate) ของส่วนต่างๆ ของต้นปาล์มในช่วงอายุ 3 ถึง 9 เดือน สูงที่สุด แต่มีค่าสัดส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้ง (LAR, leaf area ratio) ของส่วนต่างๆ ของลำต้น ต่ำกว่าพันธุ์อื่น ๆ

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางลำต้นกล้าปาล์มน้ำมันโดยวิธีไม่ทำลายต้น ที่อายุ 12 เดือน พบว่าลักษณะจำนวนใบรูปขนนก ความยาวใบ ขนาดโคนต้น และความสูงลำต้น มีความสัมพันธ์ในทางบวกซึ่งกันและกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางลำต้นกล้าปาล์มน้ำมันโดยวิธีทำลายต้น ที่อายุ 9 เดือน พบว่าลักษณะน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักสดใบ ลำต้น และราก น้ำหนักสดรวมทั้งต้น น้ำหนักแห้งใบ ลำต้น และราก

อัตราพันธุกรรมแบบกว้างของลักษณะทางลำต้นของกล้าปาล์มน้ำมัน ที่อายุ 9 เดือน พบว่ามีค่าอยู่ในระดับต่ำ–ปานกลาง (11-50 เปอร์เซ็นต์) โดยลักษณะการเจริญเติบโตที่มีค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างอยู่ระหว่าง 29-50 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ พื้นที่ใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งใบ ราก และลำต้น และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น

7.5.2 ผลงานวิจัยที่เก็บข้อมูลต่อเนื่องจากงานที่ทำไปแล้วของโครงการ "การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน"

มีจำนวน 3 เรื่อง แต่ละเรื่องสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) พันธุกรรมของสีผลและลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันโดยการทดสอบในลูกผสมเทเนอรา

เป็นการศึกษาพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะสีผลปาล์ม องค์ประกอบทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ผลผลิตทะลาย คุณภาพทะลาย และลักษณะ

ทางลำต้น โดยการทดสอบในลูกผสมเทเนอรา ที่ได้จากแผนการผสมพันธุ์แบบสุ่มซ้อน (North Carolina Mating Design I, NCM 1 หรือ Nested Design) ผลการศึกษาได้ข้อสรุปที่เป็นความรู้ใหม่เกี่ยวกับพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะสีผลปาล์ม โดยพบว่า ลักษณะผลสีดำถูกควบคุมด้วยยีนเด่นคู่เดียวแบบข่มสมบูรณ์ และผลสีเขียวถูกควบคุมด้วยยีนด้อย ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ขัดแย้งกับผลการศึกษาในอดีตที่เคยรายงานไว้ว่าลักษณะสีผลถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ โดยผลสีดำถูกควบคุมด้วยยีนด้อย และ ผลสีเขียวถูกควบคุมด้วยยีนเด่น ซึ่งมีการแสดงออกของยีนแบบข่มสมบูรณ์ (Beirnaert and Vanderweyen , 1941 อ้างโดย Corley and Tinker, 2003 ; Hartley, 1988) นอกจากนี้จากผลการศึกษาครั้งนี้ได้ข้อสรุปที่เป็นความรู้ใหม่เกี่ยวกับการกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกลักษณะที่จะใช้เป็นพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา และแม่พันธุ์ดูรา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตลูกผสมเทเนอรา (F_1) ที่ให้ผลผลิตสูง และเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงประชากรพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา และแม่พันธุ์ดูราในโครงการปรับปรุงพันธุ์ในรอบต่อไป

(2) อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

เป็นการศึกษาเพื่อประเมินอัตราพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา ได้แก่ ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย องค์ประกอบทะลาย และลักษณะทางลำต้น ผลการศึกษาได้ข้อสรุปที่เป็นความรู้ใหม่ในการคัดเลือกลักษณะที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตทะลายและผลผลิตน้ำมันสูง โดยเฉพาะได้มีการนำลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันมาใช้ประกอบการพิจารณาในการคัดเลือกพันธุ์

(3) สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันดูรา

เป็นการศึกษาเพื่อประเมินอัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันดูราที่รับได้จากการผสมตัวเองของต้นแม่ดูราที่ผ่านการคัดเลือกในโครงการปรับปรุงพันธุ์ ผลการศึกษาได้ข้อสรุปที่เป็นความรู้ใหม่ในการคัดเลือกลักษณะที่จะใช้เป็นแม่พันธุ์ดูรา เพื่อนำไปผลิตลูกผสมเทเนอราที่มีผลผลิตน้ำมันและผลผลิตทะลายสูง โดยเฉพาะได้มีการนำลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันมาใช้ประกอบการพิจารณาในการคัดเลือกพันธุ์แม่ดูรา

7.5.3 ผลงานวิจัยที่เกิดจากความร่วมมือกับโครงการทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพและชีวโมเลกุล มีจำนวน 3 เรื่อง แต่ละเรื่องสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) การตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลูกผสมปาล์มน้ำมันโดยใช้เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ในการจำแนกคู่ผสมของปาล์มน้ำมัน ทั้งคู่ผสมดูราที่เกิดจากการผสมตัวเอง คู่ผสมเทเนอรา และพ่อแม่ ผลการศึกษาได้ข้อสรุปเบื้องต้น คือ มี 7 เครื่องหมายโมเลกุลที่สามารถใช้ในการตัวสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างพ่อ-แม่ และชั่วรุ่นลูก

(2) การชักนำพอลีพลอยด์และลักษณะสัณฐานของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการชักนำให้เกิดพอลีพลอยด์ และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราในระยะต้นกล้าโดยใช้สารโคลชิซิน ผลการศึกษาได้ข้อสรุปที่เป็นความรู้ใหม่ คือ ได้ต้นที่มีลักษณะเททระพลอยด์ (tetraploid) และมิกโซพลอยด์ (mixoploid) ทราบลักษณะการเปลี่ยนแปลง

ทางสัณฐานของต้นกล้าภายหลังการใช้สารโคลชิซินที่อัตราและระยะเวลาต่างๆ ต้นกล้าเททระพลอยด์และมิกโซพลอยด์ที่ได้จากการศึกษาได้ถูกนำไปปลูกในแปลงที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตเปรียบเทียบกับต้นกล้าปาล์มปกติ (ดิพลอยด์) และจะใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันต่อไปในอนาคต

(3) Cloning and expression of a plastid-encoded subunit, beta-carboxyltransferase gene (accD) and a nuclear-encoded subunit, biotin carboxylase of acetyl-CoA carboxylase from oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)

เป็นการศึกษาการใช้เครื่องหมายโมเลกุล (molecular markers) ของยีน *accD* (β-CT, beta carboxyl transferase) และ ยีน *accC* (หรือ *BC*, biotin carboxylase) กับปาล์มน้ำมัน ผลการศึกษาได้ข้อสรุปที่เป็นความรู้ใหม่ คือ การแสดงออกของยีน *accD* และ ยีน *accC* มีความสัมพันธ์กับผลผลิตทะลายต่อต้นต่อปีของปาล์มน้ำมันแบบดูรา แบบเทเนอรา และแบบพิสิเฟ่อรา การนำเครื่องหมายโมเลกุลดังกล่าวมาช่วยสนับสนุนในการคัดเลือกพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ให้มีผลผลิตสูง จะสามารถช่วยลดระยะเวลาในการคัดเลือกพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่มีผลผลิตสูงได้ โดยเฉพาะยีน *accD* นักวิจัยได้โอนสิทธิ์ให้กับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทำการจดอนุสิทธิบัตรในการประดิษฐ์ เรื่อง "กรรมวิธีการตรวจวัดการแสดงออกของยีนเบต้าคาร์บอกซิลทรายสเฟอเรส (beta-caboxyltransferase) หน่วยย่อย D (*accD*) ในปาล์มน้ำมัน" (เลขที่สิทธิบัตร 6088)

7.6 การนำไปใช้ประโยชน์

จากผลการศึกษาของโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันต่อเนื่องจนถึงระยะที่ 2 ได้มีการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

1) มีการเผยแพร่พันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา "พันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1" ให้กับเกษตรกร

2) มีการประมวลองค์ความรู้โดยเขียนหนังสือเผยแพร่ เรื่อง "การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน"

3) มีการร่วมจดอนุสิทธิบัตรในการประดิษฐ์ เรื่อง "กรรมวิธีการตรวจวัดการแสดงออกของยีนเบตาคาร์บอกซิลทรานสเฟอเรส (beta-carboxyltransferase) หน่วยย่อย D (*accD*) ในปาล์มน้ำมัน"

8. ภาคผนวก

- บทความที่ตีพิมพ์แล้ว

(1) ลักษณะทางลำต้นและอัตราพันธุกรรมในระยะกล้าของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)

(2) สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางลำต้นในระยะกล้าปาล์มน้ำมัน

(3) ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและองค์ประกอบผลผลิตทะลายในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน

(4) การตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลูกผสมปาล์มน้ำมันโดยใช้เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์

(5) สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)

(6) พันธุกรรมของสีผลและลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันโดยการทดสอบในลูกผสมเทเนอรา

(7) อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

(8) สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันดูรา

(9) การชักนำพอลีพลอยด์และลักษณะสัณฐานของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

(10) Cloning and expression of a plastid-encoded subunit, beta-carboxyltransferase gene (accD) and a nuclear-encoded subunit, biotin carboxylase of acetyl-CoA carboxylase from oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)

ลักษณะทางลำต้นและอัตราพันธุกรรมในระยะกล้าของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Vegetative Characters and Heritability in Oil Palm Seedling (*Elaeis guineensis* Jacq.)

น้ำอ้อย ศรีประสม[1] และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์[2]

Namooy sriprasom[1] and Theera Eksomtramage[2]

Abstract

The objective of this study was to evaluate the vegetative characters and heritability in seedling stages of oil palm. Twelve oil palm varieties (commercial hybrid tenera) included Suratthani 1, Suratthani 2, Suratthani 3, Suratthani 4, Suratthani 5, Suratthani 6, Nongped, Golden clonal tenera, PSU 58, PSU 110, PSU 118 and PSU 119 were used for this experiment. The experiment was designed as a randomized complete block with 3 replications, 40 palms/replication for each variety. In each variety, ten normal palm seedlings were tagged for in replications and were recorded for vegetative characters such as number of lanceolate leaf, bifurcate leaf and pinnate leaf, leaf length, leaf area, stem size and plant height, at 9th month-old. The results showed that highly significant differences for all characters of oil palm varieties were observed. However, most of varieties were comparable with control variety (Suratthani 2). Only 2 varieties, PSU 58 and PSU 110 were short leaf length. The estimation of broad sense heritability for all characters ranged between 52-74%.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะทางลำต้น และอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ในระยะกล้าของปาล์มน้ำมัน โดยใช้พันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราการค้า จำนวน 12 พันธุ์ คือ สุราษฎร์ธานี 1 สุราษฎร์ธานี 2 สุราษฎร์ธานี 3 สุราษฎร์ธานี 4 สุราษฎร์ธานี 5 สุราษฎร์ธานี 6 หนองเปิด โกลด์เด้นโคลนนอลเทเนอรา ม.อ.58 ม.อ.110 ม.อ.118 และ ม.อ. 119 วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก แต่ละพันธุ์ปลูก 3 ซ้ำๆ ละ 40 ต้น ทำการสุ่มกล้าปาล์มน้ำมันที่มีลักษณะปกติ จำนวน 10 ต้น/พันธุ์/ซ้ำ เพื่อบันทึกลักษณะทางลำต้นเมื่อปาล์มมีอายุ 9 เดือน ได้แก่ ลักษณะจำนวนใบรูปหอก ใบรูปสองแฉก และใบรูปขนนก ความยาวใบ พื้นที่ใบ ขนาดลำต้น และความสูง ผลการศึกษาพบว่า แต่ละพันธุ์มีค่าเฉลี่ยของทุกลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ พันธุ์ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ (สุราษฎร์ธานี 2) ยกเว้นพันธุ์ ม.อ. 58 และ ม.อ.110 ที่มีลักษณะทางใบสั้น การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของทุกลักษณะพบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 52–74 เปอร์เซ็นต์

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) จัดเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญของโลก และเป็นพืชน้ำมันเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย แหล่งผลิตปาล์มน้ำมันที่สำคัญในปัจจุบันอยู่ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย มีพื้นที่ปลูกประมาณ 23, 22 และ 3 ล้านไร่ ตามลำดับ สำหรับประเทศไทย การขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันยังคงถือเป็นนโยบายหลักของชาติ โดยรัฐบาลมีเป้าหมายให้มีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มอีกประมาณ 5 ล้านไร่ เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันปาล์มเพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ ทั้งด้านการบริโภค อุปโภค และพลังงาน ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ดีปาล์มน้ำมันในประเทศแต่ละปีมีปริมาณที่สูงเกินกำลังการผลิตเมล็ดพันธุ์ได้เองภายในประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ดีบางส่วนจากต่างประเทศ เช่น คอสตาริกา มาเลเซีย ไนจีเรีย และ ซาอีร์ เป็นต้น (ธีระ และคณะ, 2548)

[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

Graduate student, Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkla, 90112

[2]ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkla, 90112

การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อให้ได้พันธุ์ดีที่มีลักษณะดีเด่นหรือไม่ด้อยกว่าพันธุ์ปลูกในปัจจุบัน ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย เพื่อให้มีความยั่งยืนและพึ่งพาตนเองในการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นผสมข้ามต้องใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ยาวนาน ทำให้ข้อมูลวิชาการด้านการปรับปรุงพันธุ์ของพืชนี้มีค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะข้อมูลทางด้านพันธุกรรมและการปรับตัวของพันธุ์ปาล์มน้ำมันภายใต้สภาพแวดล้อมของไทย ทั้งในระยะกล้าปาล์มน้ำมันก่อนปลูกลงในแปลงปลูก และระยะหลังจากปลูกกล้าปาล์มน้ำมันลงในแปลงปลูกแล้ว สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ เป็นการศึกษาพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราในระยะกล้า ทั้งพันธุ์การค้าและพันธุ์ที่อยู่ระหว่างการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางลำต้นของพันธุ์ต่าง ๆ และอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราการค้าจำนวน 12 พันธุ์ คือ สุราษฎร์ธานี 1 สุราษฎร์ธานี 2 สุราษฎร์ธานี 3 สุราษฎร์ธานี 4 สุราษฎร์ธานี 5 สุราษฎร์ธานี 6 หนองเปิด โกลด์เด้นโคลนนอลเทเนอรา ม.อ.58 ม.อ.110 ม.อ.118 และ ม.อ. 119 วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อก แต่ละพันธุ์ปลูก 3 ซ้ำๆ ละ 40 ต้น ทำการสุ่มกล้าปาล์มน้ำมันที่มีลักษณะปกติจำนวน 10 ต้น/พันธุ์/ซ้ำ เพื่อบันทึกลักษณะทางลำต้นเมื่อปาล์มมีอายุ 9 เดือน ได้แก่ ลักษณะจำนวนใบรูปหอก (lanceolate leaf) ใบรูปแฉก (bifurcate leaf) และใบรูปขนนก (pinnate leaf) ความยาวใบวัดจากใบขนนกบนสุดที่มีใบย่อยคลี่เต็มที่ พื้นที่ใบวัดโดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ใบ รุ่น Digital Image Analysis System Version1.2 (C) 1993 Copyright-Delta-T Devices, Ltd. ขนาดลำต้นวัดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณโคนต้นที่กว้างที่สุด และความสูงวัดจากพื้นดินถึงข้อบนสุดลำต้น ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least significant difference (ไพศาล, 2547) การประเมินหาค่าประมาณการอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างใช้วิธีการของพีระศักดิ์ (2525)

สำหรับพันธุ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) ได้เริ่มเตรียมเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเทเนอราตั้งแต่ขั้นตอนการผสมพันธุ์ระหว่างต้นแม่ดูรากับต้นพ่อพิสิเฟอราที่ผ่านการคัดเลือกจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ หลังจากนั้นนำเมล็ดมาเพาะเป็นเมล็ดงอก สำหรับลูกผสมเทเนอราพันธุ์อื่น ๆ ได้ติดต่อขอรับเมล็ดพันธุ์จากแหล่งผลิตโดยตรง นำเมล็ดงอกของทุกพันธุ์เพาะในถุงดำขนาด 6 x 9 นิ้ว หลังจากต้นกล้าปาล์มอายุได้ 3 เดือน ทำการย้ายต้นกล้าที่มีลักษณะปกติลงปลูกในถุงดำขนาด 16 x 18 นิ้ว ตลอดระยะเวลาการทดลองได้มีการดูแลรักษาต้นกล้าปาล์มน้ำมันทุกพันธุ์ตามข้อมูลของธีระ และคณะ (2546, 2548)

ผล

ผลการศึกษาลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราการค้าพันธุ์ต่างๆ ที่อายุ 9 เดือน พบว่า ทุกลักษณะมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 1) ลักษณะจำนวนใบรูปหอก ใบรูปแฉก และใบรูปขนนกมีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ อยู่ระหว่าง 2.63 - 4.53, 1.97 - 4.72 และ 3.80 - 7.42 ใบ ตามลำดับ พันธุ์ที่มีจำนวนใบขนนกมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ (สุราษฎร์ธานี 2 มี 4.59 ใบ) อย่างมีนัยสำคัญ มีจำนวน 4 พันธุ์ คือ สุราษฎร์ธานี 3, 5, 6 และหนองเปิด ส่วนพันธุ์ที่มีจำนวนใบขนนกต่ำสุด คือ สุราษฎร์ธานี 1 (มี 3.80 ใบ) สำหรับกลุ่มพันธุ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.58 ม.อ.110 ม.อ.118 และ ม.อ.119) และพันธุ์โกลด์เด้นโคลนนอลเทเนอรา มีจำนวนใบขนนกใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ โดยมีจำนวนอยู่ระหว่าง 4.85 - 5.68 ใบ ลักษณะความยาวใบมีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ อยู่ระหว่าง 30.10 - 54.63 ซม. (Table 1) โดยพบว่ามีจำนวน 4 พันธุ์ ที่มีใบยาวกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สุราษฎร์ธานี 3, ม.อ.118, 119 และหนองเปิด มีใบยาว 54.63, 54.38, 53.68 และ 49.15 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมีใบยาว 40.62 ซม.สำหรับพันธุ์อื่นๆ มีความยาวใบไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ ยกเว้นพันธุ์ ม.อ.58 และพันธุ์ ม.อ.110 มีใบยาว 37.38 และ 30.10 ซม. ตามลำดับ ลักษณะพื้นที่ใบ มีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ อยู่ระหว่าง 102.47 - 202.55 ซม.^{2}/ต้น พันธุ์ที่มีพื้นที่ใบสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ มีจำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์โกลด์เด้นโคลนนอลเทเนอรา และหนองเปิด มีพื้นที่ใบ 202.55 และ 197.69 ซม.^{2}/ต้น ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมีพื้นที่ใบ 161.66 ซม.^{2}/ต้น สำหรับพันธุ์อื่นๆ มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ ยกเว้นพันธุ์ ม.อ.58 และพันธุ์ ม.อ.110 มีพื้นที่ใบ 102.74 และ 115.49 .10 ซม.^{2}/ต้น ตามลำดับ ลักษณะขนาดลำต้น มีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ อยู่ระหว่าง 3.33 – 4.35 ซม. พันธุ์ที่มีขนาดลำต้นมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ มีจำนวน 2 พันธุ์ คือ หนองเปิดและ ม.อ.110 มีขนาดลำต้น 4.35 และ 4.10 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมีขนาดลำต้น 3.49 ซม. สำหรับพันธุ์อื่น ๆ มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ ลักษณะความสูง มีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ อยู่ระหว่าง 13.30 – 20.10 ซม. พันธุ์ที่มีความสูงมากกว่าพันธุ์

เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ มีเพียงพันธุ์เดียว คือ หนองเป็ด มีความสูง 20.10 ซม. ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมีความสูง 15.23 ซม. สำหรับพันธุ์อื่นๆ มีความสูงไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ (Table 1)

Table 1 Mean of vegetative characters at 9th month-old seedling stages in oil palm

Varieties	Number of [1]			Leaf length	Leaf area	Stem size	Plant height
	LL	BL	PL	(cm)	(cm^2/plant)	(cm)	(cm)
Suratthani1	3.33	4.72	3.80	40.98	147.31	3.59	15.72
Suratthani 2 (control)	3.60	3.07	4.59	40.62	161.66	3.49	15.23
Suratthani 3	3.50	1.97	7.42	54.63	173.92	4.32	18.27
Suratthani 4	2.93	2.37	6.07	42.18	167.52	3.59	15.13
Suratthani 5	3.23	2.63	6.43	46.70	171.73	3.97	17.07
Suratthani 6	2.97	2.57	6.67	46.38	188.09	3.91	17.15
Nongped	3.30	3.50	6.60	49.15	197.69	4.35	20.10
Golden clonal tenera	4.30	2.97	5.68	43.55	202.55	3.77	14.85
PSU 58	3.60	4.43	4.06	37.38	102.74	3.77	15.62
PSU 110	4.53	2.40	4.98	30.10	115.49	3.33	13.30
PSU 118	2.63	2.67	5.18	54.38	155.20	4.10	17.18
PSU 119	3.70	2.73	4.85	53.68	192.91	3.68	16.73
C.V.(%)[2]	32.37	57.18	43.70	23.68	16.14	22.31	22.59
F-test[3]	**	**	**	**	**	**	**
$LSD_{0.01}$	0.75	1.15	1.61	7.24	32.95	0.57	2.47

[1] LL = lanceolate leaf , BL = bifurcate leaf , PL = pinnate leaf

[2] C.V. = coefficient of variation

[3] ** = significantly difference at $P \leq 0.01$

สำหรับการประเมินอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันที่อายุ 9 เดือน พบว่าทุกลักษณะมีค่าอัตราพันธุกรรมในระดับปานกลาง อยู่ระหว่าง 51.69 - 74.00 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะความยาวใบมีอัตราพันธุกรรมสูงสุด และลักษณะขนาดลำต้นมีอัตราพันธุกรรมต่ำสุด (Table 2)

Table 2 Broad sense heritability of vegetative characters at 9th month-old seedlings in oil palm

Characters	Broad sense heritability (%)
No. of lanceolate leaf	66.78
No. of bifurcate leaf	66.77
No. of pinnate leaf	65.02
Leaf length	74.00
Leaf area	70.09
Stem size	51.69
Plant height	66.57

วิจารณ์ผล

ลักษณะทางลำต้นมีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาโดยเฉพาะกระบวนการสร้างและการใช้อาหารเพื่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน (Basiron, *et al.*, 2000 ; Corley and Tinker, 2003 ; Corley and Gray, 1976a, b) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางลำต้นในระยะกล้ากับการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันยังไม่พบรายงานมาก่อน อย่างไรก็ตามในปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว ประภัสษร (2550) รายงานว่าความยาวใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งของใบ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตทะลายปาล์มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า พันธุ์ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยลักษณะทางลำต้นในระยะกล้าโดยเฉพาะลักษณะความยาวใบและพื้นที่ใบอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ (สุราษฎร์ธานี 2) ยกเว้นพันธุ์ ม.อ.58 และ ม.อ.110 จัดเป็นพันธุ์ที่มีทางใบสั้น ซึ่งพันธุ์ปาล์มน้ำมันลักษณะทางใบสั้นเป็นเป้าหมายหนึ่งที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องการพัฒนาเนื่องจากทำให้สามารถเพิ่มจำนวนประชากรต้นปาล์มต่อหน่วยพื้นที่ปลูกได้สูงขึ้น โดยปกติปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 มีคำแนะนำให้ใช้ระยะปลูกต้นกล้าลงแปลงปลูก 9 x 9 x 9 เมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ปลูกแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า (มีประชากรจำนวน 22 ต้นต่อไร่) ดังนั้นพันธุ์ ม.อ.58 และ ม.อ.110 อาจจะใช้ระยะปลูกที่แคบกว่าระยะปลูกที่แนะนำทั่วไป (ระยะ 8-8.5 เมตร ปลูกแบบสามเหลี่ยมด้านเท่ามีประชากรจำนวน 26-29 ต้นต่อไร่)

จากรายงานผลการศึกษาต่าง ๆ เกี่ยวกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะในปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วพบว่าค่าประมาณการอัตราพันธุกรรมทั้งอย่างแคบและอย่างกว้างของทั้งลักษณะทางลำต้น ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต มีความแปรปรวนแตกต่างกันไป (ธีระ, 2528 ; ธีระ และคณะ 2545 ; Basiron, *et al.*,2000 ; Corley and Tinker, 2003) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น วิธีการประเมินฐานพันธุกรรมที่ใช้ประเมิน และความแตกต่างของปัจจัยสภาพแวดล้อม สำหรับการประมาณการค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะต่างๆ ทางลำต้นในระยะกล้าครั้งนี้ พบว่ามีค่าอยู่ในระดับปานกลางระหว่าง 52 – 74 เปอร์เซ็นต์ โดยลักษณะสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อนักปรับปรุงพันธุ์ในการคัดเลือกพ่อ-แม่พันธุ์ปาล์มน้ำมันในโครงการปรับปรุงพันธุ์ เช่น ความยาวใบ พื้นที่ใบ และความสูง ซึ่งมีค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ประมาณ 74, 70 และ 67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราการค้าแต่ละพันธุ์มีค่าเฉลี่ยของลักษณะทางลำต้นทุกลักษณะที่ศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ พันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะจำนวนใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ ขนาดลำต้น และความสูงใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบสุราษฎร์ธานี 2 ยกเว้นพันธุ์ ม.อ.58 และ ม.อ.110 ที่มีลักษณะทางใบสั้นกว่าพันธุ์อื่นๆสำหรับค่าประมาณการอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของทุกลักษณะ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 52-74 เปอร์เซ็นต์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2545. การผลิตเมล็ดและการเพาะเมล็ดปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา. ใน โครงการเร่งรัดการผลิตเมล็ดพันธุ์และต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา (D x P). กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 85 หน้า.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2528. การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์. 7(4): 471 - 479.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และวรรณา เลี้ยววาริณ. 2546. คู่มือปาล์มน้ำมัน และการจัดการสวน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 72 หน้า

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ นิทัศน์ สองศรี และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2545. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ "การปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน". คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 157 หน้า.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และ สมเกียรติ สีสนอง. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จ : การผลิตปาล์มน้ำมัน.ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา.117 หน้า.

ประภัสษร เพชรโพธิ์. 2550. องค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตในปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). สงขลา : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 55 หน้า

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 179 หน้า.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2547. สถิติ แผนการทดลองและการวิเคราะห์. สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช : สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 440 หน้า.

Basiron, Y., Jalani, B.S. and Chan, K.W. 2000. Advanced in Oil Palm Research Volume I and Volume II. SMART Print & Stationer Sdn. Bhd., Malaysia : 1526p.

Corley, R.H.V. and Gray, B.J. 1976a. Growth and morphology. In : Oil Palm Research (eds. Corley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J.) Elsevier, Amsterdam, Netherlands : 7-21.

Corley, R.H.V. and Gray, B.J. 1976b. Yield and yield components. In : Oil Palm Research (eds. Corley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J.) Elsevier, Amsterdam, Netherlands : 77-86.

Corley, R.H.V. and Tinker, P.B. 2003. The Oil Palm. 4th eds., Blackwell Science Ltd., Oxford : 562p.

บทความวิจัย

สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางลำต้นในระยะกล้าปาล์มน้ำมัน

Correlation and Heritability of Vegetative Characters of Oil Palm Seedling

น้ำอ้อย ศรีประสม [1] และ ธีระ เอกสมทรามษฐ์ [2]

Namooy Sriprasom and Theera Eksomtramage

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะทางลำต้น สหสัมพันธ์ และอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ในระยะกล้าของปาล์มน้ำมัน โดยใช้พันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราการค้า จำนวน 12 พันธุ์ คือ สุราษฎร์ธานี 1 สุราษฎร์ธานี 2 สุราษฎร์ธานี 3 สุราษฎร์ธานี 4 สุราษฎร์ธานี 5 สุราษฎร์ธานี 6 หนองเป็ด โกลด์เด้นโคลนนอล เทเนอรา ม.อ.58 ม.อ.110 ม.อ.118 และ ม.อ.119 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด แต่ละพันธุ์ปลูก 40 ต้น ทำการสุ่มกล้าปาล์มน้ำมันที่มีลักษณะปกติจำนวน 30 ต้น/พันธุ์ เพื่อบันทึกลักษณะทางลำต้นเมื่อปาล์มมีอายุ 9 เดือน ได้แก่ ลักษณะจำนวนใบรูปหอก ใบรูปสองแฉก ใบรูปขนนก ความยาวใบ พื้นที่ใบ ขนาดโคนต้น และความสูงลำต้น ผลการศึกษาพบว่า แต่ละพันธุ์มีค่าเฉลี่ยของทุกลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ พันธุ์ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ (สุราษฎร์ธานี 2) ยกเว้นพันธุ์ ม.อ.58 และ ม.อ.110 ที่มีลักษณะทางใบสั้น ลักษณะทางลำต้นที่มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะในทางบวกสูง ได้แก่ จำนวนใบรูปขนนก ความยาวใบ พื้นที่ใบ ขนาดโคนต้น และความสูงลำต้น การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของทุกลักษณะพบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 52-74 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : *ลักษณะพันธุ์ปาล์มน้ำมัน, สหสัมพันธ์, อัตราพันธุกรรม*

[1] นักศึกษาปริญญาโท, [2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่, สงขลา 90112

Abstract

The objective of this study was to evaluate the vegetative characters, correlation and heritability at seedling stages of oil palm. Twelve oil palm varieties (commercial hybrid tenera) including Suratthani 1, Suratthani 2, Suratthani 3, Suratthani 4, Suratthani 5, Suratthani 6, Nongped, Golden clonal tenera, PSU 58, PSU 110, PSU 118 and PSU 119 were used in this experiment. The experiment was conducted in a completely randomize with 40 palms for each variety. In each variety, thirty normal palm seedlings were tagged design recording of vegetative characters such as number of lanceolate leaf, bifurcate leaf and pinnate leaf, leaf length, leaf area, stem size and plant height, at 9th month-old. The results showed highly significant differences for all characters of oil palm varieties. However, most of varieties were comparable with control variety (Suratthani 2). Only 2 varieties, PSU 58 and PSU 110 were of short leaf length. The characters including the number of pinnate leaf, leaf length, leaf area, stem size and plant height gave highly positive correlation coefficients of pairwise manners. The broad sense heritability estimates for the vegetative characters ranged from 52 to 74 per cent.

Keywords : *Oil palm charaters, correlation, heritability*

บทนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) จัดเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญพืชหนึ่งของโลก และเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของประเทศไทย แหล่งปลูกปาล์มน้ำมันที่สำคัญในปัจจุบันอยู่ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งได้แก่ ประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย มีพื้นที่ปลูกประมาณ 23, 22 และ 3 ล้านไร่ ตามลำดับ สำหรับประเทศไทย การขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันยังคงถือเป็นนโยบายหลักของชาติ โดยรัฐบาลมีเป้าหมายให้มีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มอีกประมาณ 5 ล้านไร่ เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันปาล์มเพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ ทั้งด้านการบริโภค อุปโภค และพลังงาน ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ดีปาล์มน้ำมันในประเทศแต่ละปีมีปริมาณที่สูงเกินกำลังการผลิตเมล็ดพันธุ์ได้เองภายในประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ดีบางส่วนจากต่างประเทศ เช่น คอสตาริกา มาเลเซีย ไนจีเรีย และ ซาอีร์ เป็นต้น (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ, 2548)

การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อให้ได้พันธุ์ดี ที่มีลักษณะดีเด่นหรือไม่ด้อยกว่าพันธุ์ปลูกในปัจจุบัน ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย เพื่อให้มีความยั่งยืนและพึ่งพาตนเองในการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้น ผสมข้าม ต้องใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ยาวนาน ทำให้มีข้อมูลวิชาการด้านการปรับปรุงพันธุ์ของพืชนี้ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะข้อมูลทางด้านพันธุกรรม และการปรับตัวของพันธุ์ปาล์มน้ำมันภายใต้สภาพแวดล้อมของไทย ทั้งในระยะกล้าปาล์มน้ำมันก่อนปลูกลงในแปลงปลูก และระยะหลังจากปลูกกล้าปาล์มน้ำมันลงในแปลงปลูกแล้ว สำหรับการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา ในระยะกล้าทั้งพันธุ์การค้าและพันธุ์ที่อยู่ระหว่างการปรับปรุงพันธุ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางลำต้นของพันธุ์ต่างๆ และอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการปลูกพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราการค้าจำนวน 12 พันธุ์ คือ สุราษฎร์ธานี 1, สุราษฎร์ธานี 2, สุราษฎร์ธานี 3, สุราษฎร์ธานี 4, สุราษฎร์ธานี 5, สุราษฎร์ธานี 6, หนองเป็ด, โกลด์เด้นโคลนนอลเทเนอรา, ม.อ.58, ม.อ.110, ม.อ.118, และ ม.อ.119 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) แต่ละพันธุ์ปลูก 40 ต้น ทำการสุ่มกล้าปาล์มน้ำมันที่มีลักษณะปกติจำนวน 30 ต้น/พันธุ์ เพื่อบันทึกลักษณะทางลำต้นเมื่อปาล์มมีอายุ 9 เดือน ได้แก่ ลักษณะจำนวนใบรูปหอก (lanceolate leaf) ใบรูปสองแฉก (bifurcate leaf) และใบรูปขนนก (pinnate leaf) ความยาวใบวัดจากใบขนนก บนสุดที่มีใบย่อยคลี่เต็มที่ พื้นที่ใบวัดโดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ใบ รุ่น Digital Image Analysis System Version1.2 (C) 1993 Copyright-Delta-T Devices, Ltd. ขนาดโคนต้นวัดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณโคนต้นที่กว้างที่สุด และความสูงวัดจากพื้นดินถึงข้อบนสุดลำต้น ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี least significant difference (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2547) การประเมินหาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างใช้วิธีการประมาณจากองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรม (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2525)

สำหรับพันธุ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.) ได้เริ่มเตรียมเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเทเนอราตั้งแต่ขั้นตอนการผสมพันธุ์ระหว่างต้นแม่ดูรากับต้นพ่อพิสิเฟอราที่ผ่านการคัดเลือกจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ หลังจากนั้นนำเมล็ดมาเพาะเป็นเมล็ดงอก สำหรับลูกผสมเทเนอราพันธุ์อื่นๆ ได้ติดต่อขอรับเมล็ดพันธุ์จากแหล่งผลิตโดยตรง นำเมล็ดงอกของทุกพันธุ์เพาะในถุงดำ ขนาด 6 x 9 นิ้ว หลังจากต้นกล้าปาล์มอายุได้ 3 เดือน ทำการย้ายต้นกล้าที่มีลักษณะปกติลงปลูกในถุงดำขนาด 16 x 18 นิ้ว ตลอดระยะเวลาการทดลองได้มีการดูแลรักษาต้นกล้าปาล์มน้ำมันทุกพันธุ์ตามข้อมูลของธีระ เอกสมทรามษฐ์ และคณะ (2546, 2548)

ผลการทดลอง

ผลการศึกษาลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราการค้าพันธุ์ต่างๆ ที่อายุ 9 เดือน พบว่า ทุกลักษณะมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 1) ลักษณะจำนวนใบรูปหอก ใบรูปสองแฉก และใบรูปขนนกมีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ อยู่ระหว่าง 2.63-4.53, 1.97-4.72 และ 3.80-7.42 ใบ ตามลำดับ พันธุ์ที่มีจำนวนใบขนนกมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ (สุราษฎร์ธานี 2 มี 4.59 ใบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีจำนวน 4 พันธุ์ คือ สุราษฎร์ธานี 3, 5, 6 และหนองเป็ด ส่วนพันธุ์ที่มีจำนวนใบขนนกต่ำสุด คือ สุราษฎร์ธานี 1 (มี 3.80 ใบ) สำหรับกลุ่มพันธุ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ม.อ.58, ม.อ.110, ม.อ.118 และ ม.อ.119) และพันธุ์โกลด์เด้นโคลนนอลเทเนอรามีจำนวนใบขนนกใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ โดยมีจำนวนอยู่ระหว่าง 4.85-5.68 ใบ ลักษณะความยาวใบมีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ อยู่ระหว่าง 37.38 -54.63 ซม. (ตารางที่ 1) โดยพบว่ามีจำนวน 4 พันธุ์ ที่มีใบยาวกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่สุราษฎร์ธานี 3, ม.อ.118, ม.อ.119 และหนองเป็ด มีใบยาว 54.63, 54.38, 53.68 และ 49.15 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมีใบยาว 40.62 ซม. สำหรับพันธุ์อื่นๆ มีความยาวใบไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ ยกเว้นพันธุ์ ม.อ.58 และพันธุ์ ม.อ.110 มีใบยาว 37.38 และ 39.10 ซม. ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและลักษณะต่างๆ เมื่อกล้าปาล์มน้ำมันมีอายุ 9 เดือน

Table 1 Means of vegetative characters at 9th month-old seedling stage of oil palm.

Varieties	Number of [1]			Leaf length	Leaf area	Stem size	Plant height
	LL	BL	PL	(cm)	(cm^2/plant)	(cm)	(cm)
Suratthani 1	3.33	4.72	3.80	40.98	147.31	3.59	15.72
Suratthani 2 (control)	3.60	3.07	4.59	40.62	161.66	3.49	15.23
Suratthani 3	3.50	1.97	7.42	54.63	173.92	4.32	18.27
Suratthani 4	2.93	2.37	6.07	42.18	167.52	3.59	15.13
Suratthani 5	3.23	2.63	6.43	46.70	171.73	3.97	17.07
Suratthani 6	2.97	2.57	6.67	46.38	188.09	3.91	17.15
Nongped	3.30	3.50	6.60	49.15	197.69	4.35	20.10
Golden clonal tenera	4.30	2.97	5.68	43.55	202.55	3.77	14.85
PSU 58	3.60	4.43	4.06	37.38	102.74	3.77	15.62
PSU 110	4.53	2.40	4.98	30.10	115.49	3.33	13.30
PSU 118	2.63	2.67	5.18	54.38	155.20	4.10	17.18
PSU 119	3.70	2.73	4.85	53.68	192.91	3.68	16.73
C.V.(%)[2]	32.37	57.18	43.70	23.68	16.14	22.31	22.59
F-test	**	**	**	**	**	**	**
$LSD_{0.01}$	0.75	1.15	1.61	7.24	32.95	0.57	2.47

[1] LL = lanceolate leaf , BL = bifurcate leaf , PL = pinnate leaf , [2] C.V. = coefficient of variation

** = significantly different at $P \leq 0.01$

ลักษณะพื้นที่ใบ มีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์อยู่ระหว่าง 102.47-202.55 ซม.^{2}/ต้น พันธุ์ที่มีพื้นที่ใบสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีจำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์โกลด์เด้นโคลนนอลเทเนอรา และหนองเป็ด มีพื้นที่ใบ 202.55 และ 197.69 ซม.^{2}/ต้น ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมีพื้นที่ใบ 161.66 ซม.^{2}/ต้น สำหรับพันธุ์อื่นๆ มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ ยกเว้นพันธุ์ ม.อ.58 และพันธุ์ ม.อ.110 มีพื้นที่ใบ 102.74 และ 115.49 .10 ซม.^{2}/ต้น ตามลำดับ ลักษณะขนาดโคนต้น มีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์ อยู่ระหว่าง 3.33-4.35 ซม. พันธุ์ที่มีขนาดลำต้นมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีจำนวน 2 พันธุ์ คือ หนองเป็ด และ ม.อ.110 มีขนาดลำต้น 4.35 และ 4.10 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมีขนาดลำต้น 3.49 ซม. สำหรับพันธุ์อื่นๆ มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบลักษณะความสูง มีความแปรปรวนระหว่างพันธุ์อยู่ระหว่าง 13.30-20.10 ซม. พันธุ์ที่มีความสูงมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ มีเพียงพันธุ์เดียวคือ หนองเป็ด มีความสูง 20.10 ซม. ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมีความสูง 15.23 ซม. สำหรับพันธุ์อื่นๆ มีความสูงไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ (ตารางที่ 1)

การประเมินสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางลำต้นของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 9 เดือน พบว่า ลักษณะที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ลักษณะ จำนวนใบรูปขนนก ความยาวใบ พื้นที่ใบ ขนาดโคนต้น และความสูงลำต้น (ตารางที่ 2) ลักษณะจำนวนใบหอกมีสหสัมพันธ์ทางลบกับความยาวใบ, ขนาดลำต้น และความสูงของลำต้น ในขณะที่จำนวนใบรูปขนนกและความยาวใบ

สำหรับการประเมินอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันที่อายุ 9 เดือน พบว่า ทุกลักษณะมีค่าอัตราพันธุกรรมในระดับปานกลาง อยู่ระหว่าง 51.69-74.00 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะความยาวใบมีอัตราพันธุกรรมสูงสุดและลักษณะขนาดโคนต้นมีอัตราพันธุกรรมต่ำสุด (ตารางที่ 3)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะทางลำต้นมีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสร้างและการใช้อาหารเพื่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน (Basiron, et al., 2000 ; Corley and Tinker, 2003 ; Corley and Gray, 1976a, b) Tan และ Hardon (1976) รายงานว่าลักษณะทางลำต้นในระยะกล้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะพื้นที่ใบและความกว้างของใบย่อย มีสหสัมพันธ์ในทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 6 ปี สำหรับในปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว ประภัสษร เพชรโพธิ์ (2550) รายงานว่าความยาวใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งของใบ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตทะลายปาล์มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า พันธุ์ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยลักษณะทางลำต้นในระยะกล้า โดยเฉพาะลักษณะความยาวใบและพื้นที่ใบ อยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ (สุราษฎร์ธานี 2) ยกเว้นพันธุ์ ม.อ.58 และ ม.อ.110 จัดเป็นพันธุ์ที่มีทางใบสั้น ซึ่งพันธุ์ปาล์มน้ำมันลักษณะทางใบสั้นเป็นเป้าหมายหนึ่งที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องการพัฒนา เนื่องจากทำให้สามารถเพิ่มจำนวนประชากรต้นปาล์มต่อหน่วยพื้นที่ปลูกได้สูงขึ้น โดยปกติปาล์ม

ตารางที่ 2 ดรรชนีสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ของกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 9 เดือน

Table 2 Correlation coefficients of vegetative characters at 9th month-old seedling stage in oil palm.

Character	Number of[1]			Leaf length	Leaf area	Stem size
	LL	BL	PL	(cm)	(cm^2)	(cm)
No. of bifurcate leaf	0.007					
No. of pinnate leaf	-0.236	-0.687**				
Leaf length	-0.392*	-0.489**	0.532**			
Leaf area	-0.175	-0.359	0.589**	0.578**		
Stem size	-0.460**	-0.154	0.672**	0.707**	0.442*	
Plant height	-0.538**	-0.040	0.571**	0.701**	0.519**	0.912**

[1] LL = lanceolate leaf , BL = bifurcate leaf , PL = pinnate leaf

*, ** = Significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively.

ตารางที่ 3 ค่าประมาณอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะทางลำต้นของกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 9 เดือน

Table 3 Broad sense heritability of vegetative characters of 9 month-old oil palm seedlings.

Character	heritability (%)
No. of lanceolate leaf	66.78
No. of bifurcate leaf	66.77
No. of pinnate leaf	65.02
Leaf length	74.00
Leaf area	70.09
Stem size	51.69
Plant height	66.57

น้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 มีคำแนะนำให้ใช้ระยะปลูกต้นกล้าลงแปลงปลูก 9 x 9 x 9 เมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ปลูกแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า (มีประชากรจำนวน 22 ต้นต่อไร่) ดังนั้นพันธุ์ ม.อ.58 และ ม.อ.110 อาจจะใช้ระยะปลูกที่แคบกว่าระยะปลูกที่แนะนำทั่วไป (ระยะ 8-8.5 เมตร ปลูกแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า มีประชากรจำนวน 26-29 ต้นต่อไร่)

จากรายงานผลการศึกษาต่างๆ เกี่ยวกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะในปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้วพบว่า ค่าประมาณการอัตราพันธุกรรมทั้งอย่างแคบและอย่างกว้างของทั้งลักษณะทางลำต้น ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต มีความแปรปรวนแตกต่างกันไป (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, 2528 ; ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และคณะ 2545 ; Basiron, et al.,2000 ; Corley and Tinker, 2003) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น วิธีการประเมินฐานพันธุกรรมที่ใช้ประเมิน และความแตกต่างของปัจจัยสภาพแวดล้อม สำหรับการประมาณการค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะต่างๆ ทางลำต้นในระยะกล้าครั้งนี้ พบว่ามีค่าอยู่ในระดับปานกลางระหว่าง 52-74 เปอร์เซ็นต์ โดยลักษณะสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อนักปรับปรุงพันธุ์ในการคัดเลือกพ่อ-แม่พันธุ์ปาล์มน้ำมันในโครงการปรับปรุงพันธุ์ เช่น จำนวนใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ และความสูง ซึ่งมีค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ประมาณ 65, 74, 70 และ 67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ลักษณะดังกล่าวยังมีความสัมพันธ์ต่อกันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราการ้าแต่ละพันธุ์มีค่าเฉลี่ยของลักษณะทางลำต้นทุกลักษณะที่ศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ พันธุ์ส่วนใหญ่มีลักษณะจำนวนใบ ความยาวใบ พื้นที่ใบ ขนาดลำต้น และความสูงใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบสุราษฎร์ธานี 2 ยกเว้นพันธุ์ ม.อ.58 และ ม.อ.110 ที่มีลักษณะทางใบสั้นกว่าพันธุ์อื่นๆ ลักษณะทางลำต้นของกล้าปาล์มน้ำมันที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ลักษณะจำนวนใบรูปขนนก ความยาวใบ พื้นที่ใบ ขนาดโคนต้น และความสูงลำต้น สำหรับค่าประมาณการอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของทุกลักษณะ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 52-47 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สถานีวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2545. การผลิตเมล็ดและการเพาะเมล็ดปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา. ในโครงการเร่งรัดการผลิตเมล็ดพันธุ์และต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา (D x P). กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 85 หน้า.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2528. การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์. 7(4) : 471 - 479.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และวรรณา เลี้ยววาริณ. 2546, คู่มือปาล์มน้ำมัน และการจัดการสวน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 72 หน้า.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, นิทัศน์ สองศรี และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2545. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่องการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 157 หน้า.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และ สมเกียรติ สีสนอง. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จ : การผลิตปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา. 117 หน้า.

ประภัสษร เพชรโพธิ์. 2550. องค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตและผลลิตในปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). สงขลา : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 55 หน้า.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 179 หน้า.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2547. สถิติ แผนการทดลองและการวิเคราะห์. สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช : สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 440 หน้า.

Basiron, Y., Jalani, B.S. and Chan, K.W. 2000. Advanced in Oil Palm Research Volume I and Volume II. SMART Print & Stationer Sdn. Bhd., Malaysia : 1526p.

Corley, R.H.V. and Gray, B.J. 1976a. Growth and morphology. *In* : Oil Palm Research (eds. Corley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J.) Elsevier, Amsterdam, Netherlands : 7-21.

Corley, R.H.V. and Gray, B.J. 1976b. Yield and yield components. *In* : Oil Palm Research (eds. Corley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J.) Elsevier, Amsterdam, Netherlands : 77-86.

Corley, R.H.V. and Tinker, P.B. 2003. The Oil Palm. 4th eds., Blackwell Science Ltd., Oxford : 562p.

Tan, G.Y. and Hardon, J.J. 1976. Nursery selection. *In* : Oil Palm Research (eds. Corley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J.) Elsevier, Amsterdam, Netherlands : 139-143.

ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและองค์ประกอบผลผลิตในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน

Vegetative and Yield Component Characters in F_2 Population of Oil Palm(*Elaeis guineensis* Jacq.)

อังคณา โชติวัฒนศักดิ์ [1] ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ [2] และ นิทัศน์ สองศรี [3]
Angkhana Chotewattanasak[1], Theera Eksomtramage [2] and Nitut Songsri [3]

Abstract

A study of agronomic characters in F_2 Population of oil palm was investigated during January 2006 to December 2007 in the germplasm plots which collected and planted in 1989 at Klong Hoi Khong Research Station, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla, Southern Thailand. A total of 501 palms included with three oil palm types ; dura, tenera and pisifera with amount of 175, 268 and 58 palms, respectively were observed individually for vegetative and yield component characters.The results indicated that variation in leaflets length, petiole width, petiole depth, rachis length, leaf dry weight, total bunch weight, number bunch and single bunch weight had significant difference for each type. The bunch number, single bunch weight and petiole depth was positive singnificant correlation with the total bunch weight for all oil palm types. Bunch number has also highly direct effect to total bunch weight. For the other characters were positively corelated with the total bunch weight varies depend on the types of oil palm, such as single bunch weight, plant height, number of leaflets, petiole width and petiole depth at the base of 17th frond. For broad sense heritability estimation show that all agronomic characters in this study had low value (<14%).

Key words : oil palm, vegetative growth, yield component.

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน ได้ดำเนินการตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2549 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2550 ในแปลงรวบรวมเชื้อพันธุ์ปาล์มน้ำมันซึ่งปลูกในปี พ.ศ. 2532 ที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ บันทึกข้อมูลลักษณะการเกษตรของปาล์มน้ำมันเป็นรายต้น จำนวน 501 ต้น โดยแยกเป็นปาล์มน้ำมันแบบดูรา 175 ต้น แบบเทเนอรา 268 ต้น และพิสิเฟอรา 58 ต้น ผลการศึกษาพบว่า ความยาวใบย่อย ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ ความยาวทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ผลผลิตทะลายปาล์ม จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย มีความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แบบ ลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตทะลายปาล์มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติของปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แบบ ได้แก่ ลักษณะจำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย และความหนาโคนทางใบ และพบว่าลักษณะจำนวนทะลาย มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตทะลายปาล์มสูง ส่วนลักษณะอื่นๆ ที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตทะลายปาล์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะขึ้นอยู่กับปาล์มน้ำมันแต่ละแบบ ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ย ความสูงต้น จำนวนใบย่อย ความกว้างและความหนาโคนทางใบที่ 17 นอกจากนี้การประเมินค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ในแต่ละลักษณะทางการเกษตรพบว่า ทุกลักษณะมีค่าอยู่ในระดับต่ำกว่า 14%

คำสำคัญ : ปาล์มน้ำมัน ลักษณะทางลำต้น องค์ประกอบผลผลิตทะลาย

คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นใบเลี้ยงเดี่ยว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* Jacq. จัดเป็นพืชผสมข้ามชนิดหนึ่งที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของโลก ในประเทศไทยพบว่า จังหวัดที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากจึงอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร และตรัง พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่นิยมปลูกเป็นการค้าคือ ลูกผสมเทเนอรา (ดูรา X พิสิเฟอรา) เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำมัน และมีลักษณะทางการเกษตรหลายอย่างดีกว่าพันธุ์ดูรา แต่ลูกผสม

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
Graduate student, Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112

เทเนอราที่เป็นพันธุ์ดีนั้น ต้องผ่านกระบวนการในการปรับปรุงพันธุ์แล้ว โดยการคัดเลือกต้นแม่และต้นพ่อที่มีลักษณะดี คณะทรัพยากรธรรมชาติ เริ่มโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันในปีพ.ศ. 2530 โดยรวบรวมทะลายปาล์มน้ำมันที่มีขนาดใหญ่ และมีกะลาบาง จากแปลงเกษตรกรในแหล่งปลูกของภาคใต้แปลงละ 1 ทะลาย แต่ละทะลายคัดเลือกไว้ 4 ผล ปลูกไว้ที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง เพื่อเป็นแปลงรวบรวมเชื้อพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (ธีระ, 2548) วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คาดหวังว่าข้อมูลที่ศึกษาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ในการคัดเลือกต้นพ่อแม่พันธุ์ปาล์มน้ำมัน ที่สามารถให้ผลผลิตสูงและปรับตัวได้ดีในประเทศไทย ร่วมกับข้อมูลด้านลักษณะทางการเกษตรอื่นๆ ซึ่งได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้

อุปกรณ์และวิธีการ

สุ่มตัวอย่างต้นปาล์มน้ำมัน ในแปลงประชากรชั่วที่ 2 จำนวน 501 ต้น แยกเป็นปาล์มน้ำมันแบบดูรา 175 ต้น แบบเทเนอรา 268 ต้น และพิสิเฟอรา 58 ต้น จากสถานีวิจัยคลองหอยโข่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ บันทึกข้อมูลลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมัน โดยใช้ทางใบที่ 17 เป็นเกณฑ์ (ประกิจ, 2548) ได้แก่ ความหนาโคนทางใบ, ความกว้างโคนทางใบ, ความยาวทางใบ, จำนวนใบย่อยทั้งหมดต่อทางใบ, ความยาวใบย่อย, ความกว้างใบย่อย และความสูงต้น หาพื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ ตามวิธีของ Hardon *et al.* (1969) บันทึกข้อมูลน้ำหนักทะลาย และจำนวนทะลาย ทุกเดือนที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นเวลา 2 ปี นำข้อมูลดังกล่าวมาบันทึกเป็น จำนวนทะลายต่อต้นต่อปี น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อต้นต่อปี) และน้ำหนักทะลายทั้งหมด (กิโลกรัมต่อต้นต่อปี) แยกตามแบบดูรา พิสิเฟอรา และ เทเนอรา จากข้อมูลดังกล่าวนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน สหสัมพันธ์ และ Path-Coefficient analysis โดยใช้โปรแกรม R (ชูศักดิ์, 2550) รวมทั้งประเมินอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad sense heritability) (ธีระ และคณะ, 2544 และ Becker, 1984)

ผล

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางลำต้น และองค์ประกอบผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันพบว่า ลักษณะความยาวใบย่อย ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ ความยาวทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ของปาล์มน้ำมันแบบพิสิเฟอรามีความแตกต่างจากแบบเทเนอรา และดูรา ส่วนลักษณะน้ำหนักทะลายทั้งหมด มีความแตกต่างกันทั้งแบบดูรา พิสิเฟอรา และเทเนอรา ลักษณะจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันแบบเทเนอรา ไม่แตกต่างกับแบบพิสิเฟอรา แต่แตกต่างกับแบบดูรา ส่วนลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันแบบดูรา และเทเนอราไม่แตกต่างกัน (Table 1)

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน แยกตามแบบดูรา เทเนอรา และพิสิเฟอราพบว่า ลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ และอิทธิพลโดยตรงต่อปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แบบมากที่สุดคือ จำนวนทะลาย ส่วนอิทธิพลทางอ้อมที่มีต่อจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันแต่ละแบบจะแตกต่างกันไป ได้แก่ น้ำหนักทะลายเฉลี่ย มีอิทธิพลเชิงลบกับจำนวนทะลายในดูรา และเทเนอรา แต่มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกกับจำนวนทะลายในพิสิเฟอรา ลักษณะความสูงต้นมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกในเทเนอรา และพิสิเฟอรา ลักษณะความยาวทางใบ มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงลบกับจำนวนทะลายในเทเนอรา และพิสิเฟอรา พื้นที่ใบมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงลบกับจำนวนทะลายปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แบบ น้ำหนักแห้งใบมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงลบกับจำนวนทะลายในดูรา และเทเนอรา แต่มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกกับจำนวนทะลายในพิสิเฟอรา ดังแสดงใน Table 2 ลักษณะบางลักษณะ ไม่มีอิทธิพลต่อกัน ได้แก่ ลักษณะความสูงต้น ความยาวทางใบของปาล์มน้ำมันดูรา ไม่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อลักษณะจำนวนทะลาย และความยาวทางใบของปาล์มน้ำมันพิสิเฟอรา ไม่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ย

อัตราพันธุกรรมแบบกว้างของลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ ความยาวใบย่อย ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ ความยาวทางใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักทะลายปาล์มทั้งหมด จำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย และความสูงต้น พบว่า มีอัตราพันธุกรรมต่ำ คือ 0.104, 0.093, 0.051, 0.024, 0.011, 0.083, 0.064, 0.03, 0.133 และ 0.011 ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

จากการศึกษานี้อาจกล่าวได้ว่า ปาล์มน้ำมันแบบเทเนอรา มีความคล้ายคลึงกับปาล์มน้ำมันแบบดูรา มากกว่าปาล์มน้ำมันแบบพิสิเฟอรา เนื่องจากค่าเฉลี่ยโดยรวมของปาล์มน้ำมันแบบดูรา และเทเนอรา มีค่าใกล้เคียงกัน มากกว่าปาล์มน้ำมันแบบพิสิเฟอรา ลักษณะองค์ประกอบทะลายปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันทั้งหมด จำนวนทะลายปาล์มน้ำมัน และน้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมันเฉลี่ยพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนค่อนข้างสูง เนื่องมาจากความแปรปรวนของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งพิจารณาได้จากค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดในปาล์มน้ำมันแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันมาก รวมทั้งลักษณะดังกล่าว มีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูง

Table 1 Mean of vegetative growth and yield component in F_2 population of oil palm

Characters	Type								
	Dura			Tenera			Pesifera		
	Average	Min-Max	CV(%)	Average	Min-Max	CV(%)	Average	Min-Max	CV(%)
Total bunch weight (kg/plant/year)	65.7^{b}	4.7-173.9	53.4	77.4^{a}	8.0-237.4	48.8	54.8^{c}	3.5-213.5	82.2
Bunch number (plant/year)	3.6^{b}	0.5-10.0	55.7	4.2^{a}	0.5-10.0	47.0	3.8^{ab}	0.5-10.5	69.5
Average bunch weight(kg/plant/year)	19.1^{a}	7.7-47.8	29.3	19.0^{a}	7.5-37.5	27.1	14.1^{b}	4.9-23.1	30.8
Plant height (cm)	515.5^{a}	300.0-685.0	12.0	519.5^{a}	348.0-705.0	10.5	535.5^{a}	412.0-687.0	10.9
Rachis length (cm)	530.1^{b}	376.0-653.0	10.3	536.3^{b}	363.0-741.0	11.0	556.0^{a}	437.0-677.0	8.3
Leaf area (m^2)	7.6^{a}	4.2-12.5	19.8	7.7^{a}	3.7-15.3	22.2	8.1^{a}	3.9-11.8	19.8
Leaf dry weight (kg)	3.3^{b}	1.6-6.1	25.0	3.5^{b}	1.6-6.7	24.9	4.0^{a}	2.1-5.6	18.9
Leaflet width (cm)	5.8^{a}	3.8-7.8	12.8	5.8^{a}	3.9-8.0	13.4	5.9^{a}	4.2-8.2	14.6
Leaflet length (cm)	70.2^{b}	51.5-94.2	10.1	69.8^{b}	51.4-90.4	10.0	73.6^{a}	60.0-89.0	9.4
Number of leaflet	339.3^{a}	270.0-424.0	8.0	339.6^{a}	192.0-424.0	9.3	343.4^{a}	268.0-398.0	8.3
Petiole width (cm)	7.9^{b}	5.3-12	15.2	8.2^{b}	4.2-12.0	15.5	9.0^{a}	6.0-11.3	11.8
Petiole depth (cm)	3.7^{b}	2.4-5.4	14.1	3.9^{b}	2.7-5.7	13.3	4.1^{a}	3.0-5.1	11.3

Table 2 Correlation coefficient, direct effect and indirect effect characters on total bunch weight in oil palm

1/ dura 2/ tenera 3/ pisifera

Characters		Correlation coefficient	Direct effect	Indirect effect					
				Bunch number	Average bunch weight	Plant height	Rachis length	Leaf area	Leaf dry weight
Bunch number	1/	0.868**	0.961		-0.090	0.000	0.000	-0.002	-0.001
	2/	0.825**	0.954		-0.124	0.002	-0.001	-0.004	-0.002
	3/	0.938**	0.884		0.048	0.004	-0.005	-0.002	0.009
Average		0.204**	0.396	-0.218		0.001	0.004	0.017	0.005
bunch weight		0.267**	0.482	-0.246		0.007	0.003	0.015	0.006
		0.431**	0.257	0.165		0.002	0.000	0.002	0.004
Plant height		0.083	0.007	-0.013	0.077		0.002	0.009	0.002
		0.178**	0.041	0.045	0.081		0.001	0.006	0.004
		0.141	0.039	0.084	0.010		0.013	-0.003	-0.002
Rachis length		0.170*	0.013	0.012	0.114	0.001		0.024	0.006
		0.083	0.006	-0.155	0.197	0.003		0.024	0.008
		0.056	-0.048	0.090	-0.001	-0.010		0.008	0.019
Leaf area		0.174*	0.041	-0.046	0.163	0.001	0.008		0.007
		0.161**	0.038	-0.090	0.192	0.007	0.004		0.009
		-0.115	0.013	-0.155	0.048	-0.010	-0.028		0.016
Leaf dry weight		0.117	0.011	-0.102	0.174	0.001	0.008	0.026	
					0.227	0.012	0.004	0.026	

ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ใช้ในการศึกษาในปาล์มน้ำมันเทเนอราส่วนใหญ่ มีค่าอยู่ระหว่างปาล์มน้ำมันแบบดูรา และพิสิเฟอรา เนื่องมาจากปาล์มน้ำมันเทเนอราเป็นลูกผสมระหว่างปาล์มน้ำมันทั้ง 2 แบบนั่นเอง แต่ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมันทั้งหมด และจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันเทเนอรามีค่าสูงสุด อาจเนื่องมาจากความดีเด่นของลูกผสม (Corley and Tinker, 2003) ส่วนการศึกษาสหสัมพันธ์พบว่า จำนวนทะลาย มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักทะลายทั้งหมดมากที่สุด สอดคล้องกับ Oboh and Fakorede (1990) อ้างโดย Corley and Tinker (2003) ซึ่งรายงานว่า จำนวนทะลาย มีอิทธิพลทางตรงกับน้ำหนักทะลายทั้งหมดมากที่สุด และยังพบว่าความสูงต้นของเทเนอรา มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตทะลายปาล์ม สอดคล้องกับ Hirsch (1980) อ้างโดย Corley and Tinker (2003) ซึ่งรายงานว่า ปาล์มน้ำมันที่ไม่อยู่ภายใต้ร่มเงาของต้นอื่น จะมีผลผลิตสูงกว่าต้นที่อยู่ภายใต้ร่มเงาต้นอื่น เช่นเดียวกับค่าอัตราพันธุกรรมที่ปรากฏในการทดลองมีค่าต่ำ สอดคล้องกับ Van der Vossen (1974) อ้างโดย Corley and Gray (1976) กล่าวว่า น้ำหนักทะลายเฉลี่ย และจำนวนทะลาย มีอัตราพันธุกรรมอย่างแคบอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และ Obisesan and Fatunla (1982) กล่าวว่า ค่าอัตราพันธุกรรมจะมีค่าลดลงเมื่อประเมินที่อายุ 10 และ14 ปี เนื่องจากอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องมากขึ้น

สรุป

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทะลายทั้งหมด ของปาล์มน้ำมันแบบเทเนอรามีค่าสูงกว่าแบบดูรา และแบบพิสิเฟอรา หากต้องการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้ผลผลิตสูง ต้องพิจารณาลักษณะหลายลักษณะ ที่คาดว่ามีความเกี่ยวข้องกับผลผลิตควบคู่กันไป ในปาล์มน้ำมันทั้ง 3 ชนิด จำนวนทะลาย มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักทะลายทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งมากที่สุด รวมทั้งมีอิทธิพลทางตรงต่อน้ำหนักทะลายทั้งหมดมากที่สุดด้วยเช่นกัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจาก ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์ จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ จากบัณฑิตวิทยาลัย และขอบคุณ คุณนิทัศน์ สองศรี หัวหน้าสถานีวิจัยคลองหอยโข่ง ที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2550. สถิติกับงานวิจัยด้านพืช : การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย R. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 223น.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, นิทัศน์ สองศรี, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544. สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์เส้นทาง และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ (วทท.) 23: 691-704.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2548. พันธุ์ การผลิตเมล็ดพันธุ์ และการอนุบาลต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. ใน เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน (บรรณาธิการ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์). ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์. สงขลา. หน้า 25-49.

ประกิจ ทองคำ. 2548. การเก็บและเตรียมตัวอย่างใบส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ. ใน เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน (บรรณาธิการ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์). ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์. สงขลา. หน้า 91-98.

Becker, W. A. 1984. Manual of quantitative genetics. Academic Enterprises : Washington.

Corley, R.H.V. and B.J. Gray. 1976. Yield and yield components. In : oil palm research. (Eds.by corley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J.). Elsevier Sci. Publ. co., Amsterdam: 77-86.

Corley R.H.V. and P.B Tinker, 2003. The oil palm. Blackwell Publishing Asia Pty Ltd. Australia.562 p.

Hardon J.J. 1969. Interspecific hybrids in the genus Elaeis. II. Vegetative growth and yield of F1 hybrids in the genus *E. guineensis* X *E. oleifera*. Euphytica. 18: 380-386.

Obisesan I. O. and T. Fatunla. 1982. Heritability of fresh fruit bunch yield and its components in the oil palm (*Elaeis guineensis*Jacq.). Theor. Appl. Genet. 64: 65 – 68.

การตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลูกผสมปาล์มน้ำมันโดยใช้เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์

Identification Parent-offspring Relation in Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) using Microsatellite Markers

อังคณา โชติวัฒนศักดิ์[1] และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์[2]
Angkhana Chotewattanasak[1] and Theera Eksomtramage[2]

Abstract

DNA from leaf samples of three cross progenies [No.32 (478x206), No.62 (27x777), No.63 (556x777)] and three self progenies [No.17 (414x414), No.20 (27x27), No.23 (478x478)] were extracted using CTAB buffer. PCR amplification was tested into eight microsatelite markers (mEgCIR0465. mEgCIR0353, mEgCIR0304, mEgCIR0377, mEgCIR0134, mEgCIR1772, mEgCIR0230 and mEgCIR0008). The SSR-PCR products were resolved on 6% acrylamide gel electroporesis and strained with silver nitrate. The result showed that there are one to four alleles segregating when compared with their parents. mEgCIR0008 was the most suitable marker which can analyze segregation through five cross progenies. Heterozygosity of self progeny No.20, 17 and cross progeny No.32, 62, 63 was 0.50, 0.44, 0.48, 0.48 and 0.44 respectively. It also analyzed intra-population genetic diversity by high allele frequency.

Key words : oil palm, microsatellite, heterozygosity

บทคัดย่อ

เก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากคู่ผสมที่ 32 (478x206) คู่ผสมที่ 62 (27x777) คู่ผสมที่ 63 (556x777) คู่ผสมตัวเองที่ 17 (414x414) คู่ผสมตัวเองที่ 20 (27x27) และคู่ผสมตัวเองที่ 23 (478x478) และม่าสกัดดีเอ็นเอด้วยสารละลาย CTAB เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์ โดยใช้เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ ได้แก่ mEgCIR0008 mEgCIR0353 mEgCIR0465 mEgCIR0304 mEgCIR0377 mEgCIR0230 และ mEgCIR1772 นำผลผลิตพีซีอาร์มาแยกขนาดดีเอ็นเอ ด้วยอิเล็กโทรโฟรีซีสตัวกลางชนิดโพลีอะคริลาไมด์ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ย้อมแถบดีเอ็นเอด้วยซิลเวอร์ไนเตรต ผลการศึกษาพบว่า เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ที่ใช้ศึกษา มีจำนวนอัลลีล 1 - 4 อัลลีล ส่วนเครื่องหมาย mEgCIR0008 เป็นเครื่องหมายที่สามารถใช้ในการพิจารณาการกระจายตัวในลูกผสมที่นำมาทดสอบได้มากที่สุด 5 คู่ คือ ลูกผสมตัวเองคู่ที่ 20, 17 และลูกผสมข้ามคู่ที่ 32, 62, 63 โดยมีค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้ 0.50, 0.44, 0.48, 0.48 และ 0.44 และยังวัดความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรโดยดูจากความถี่ยีนได้ดีที่สุดเช่นกัน

คำสำคัญ : ปาล์มน้ำมัน เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ เฮเทอโรไซโกซิตี้

คำนำ

ไมโครแซทเทลไลท์ดีเอ็นเอ (microsatellite DNA) เป็นดีเอ็นเอที่มีขนาดของชุดซ้ำสั้นมากเพียง 1 - 4 คู่เบส หรือไม่เกิน 10 คู่เบส ปัจจุบันใช้กันมากในการศึกษาแผนที่ของจีโนม และแยกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตโดยวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (สุรินทร์, 2545) การศึกษาพันธุกรรมในปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดระยะเวลาในการศึกษา เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้น ที่มีอายุการให้ผลผลิตยาวนาน มีการศึกษาของ Billotte *et al.* (2001) ที่ได้พัฒนาเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ (microsatellite) ของปาล์มน้ำมัน 21 เครื่องหมาย จากห้องสมุดดีเอ็นเอปาล์มน้ำมัน (*E. guineensis*) เพื่อนำมาประเมินขนาดอัลลีล (allele) และความหลากหลายของอัลลีล (heterozygosity) ในปาล์มน้ำมัน *E. guineensis* และ *E. oleifera* ซึ่งความแปรปรวนของขนาดอัลลีล จากเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์นี้ มีประสิทธิภาพในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของ genus *Elaeis* และสามารถจำแนกความจำเพาะเจาะจงภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มของแผนที่ทางพันธุกรรม *E. guineensis* และ *E. oleifera* ที่ใช้ในการทดลองได้ ดังนั้นการศึกษานี้ จึงได้คัดเลือกเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ จากการทดลองดังกล่าว จำนวน 7 เครื่องหมาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ นำเครื่องหมาย

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
Graduate student, Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112
[2] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ สงขลา 90112
Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112

ไมโครแซทเทลไลท์ทั้ง 7 เครื่องหมาย มาใช้ในการประเมินความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเบื้องต้น ของลูกผสมที่ได้จากการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ ในแปลงประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน 6 คู่ผสม

อุปกรณ์และวิธีการ

ลูกผสมที่ได้จากการคัดเลือก ต้นพ่อแม่พันธุ์ปาล์มน้ำมันประชากรชั่วที่ 2 ของสถานีวิจัยคลองหอยโข่ง ได้แก่ คู่ผสมที่ 32 (478x206) คู่ผสมที่ 62 (27x777) คู่ผสมที่ 63 (556x777) คู่ผสมตัวเองที่ 17(414x414) คู่ผสมตัวเองที่ 20 (27x27) และคู่ผสมตัวเองที่ 23 (478x478) คู่ผสมละ 12 นำมาสกัดดีเอ็นเอโดยวิธี CTAB (ดัดแปลงจาก Doyle and Doyle, 1990) เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์ โดยใช้เครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ทั้งหมด 8 คู่ ได้แก่ mEgCIR0465, mEgCIR0353, mEgCIR0304, mEgCIR0377, mEgCIR0134, mEgCIR1772, mEgCIR0230 และ mEgCIR0008 (Billotte *et al.*, 2001) ตั้งระบบเครื่อง PCR ให้มีการกำหนดอุณหภูมิดังนี้ เริ่มกระบวนการที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 1 นาที, 35 รอบของ 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที, 52 องศาเซลเซียส 1 นาที และ 72 องศาเซลเซียส 2 นาที สิ้นสุดกระบวนการด้วยอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 8 นาที ตรวจสอบความแตกต่าง (polymorphic) ระหว่างคู่ผสมแต่ละคู่กับพ่อแม่พันธุ์ โดยแยกขนาดผลผลิตพีซีอาร์ด้วย 6 % polyacrylamide ย้อมด้วย silver nitrate เปรียบเทียบแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในชั่วลูกแต่ละคู่กับพ่อแม่พันธุ์ ศึกษาการกระจายตัวของลูกผสม เมื่อเปรียบเทียบกับพ่อแม่พันธุ์

ผล

การศึกษาการกระจายตัวในลูกผสมพบว่า ลูกผสมตัวเองคู่ที่ 20 มีไพรเมอร์ที่สามารถตรวจสอบการกระจายตัว ได้แก่ mEgCIR0008 และ mEgCIR0230 ลูกผสมตัวเองคู่ที่ 28 มีไพรเมอร์ที่สามารถตรวจสอบการกระจายตัวได้ คือ mEgCIR0465 ลูกผสมตัวเองคู่ที่ 17 มีไพรเมอร์ที่สามารถตรวจสอบการกระจายตัวได้ คือ mEgCIR0008 ลูกผสมข้ามคู่ที่ 32 มีไพรเมอร์ที่สามารถตรวจสอบการกระจายตัว ได้แก่ mEgCIR0008 mEgCIR0353 mEgCIR0230 และ mEgCIR0377 ลูกผสมข้ามคู่ที่ 62 มีไพรเมอร์ที่สามารถตรวจสอบการกระจายตัว ได้แก่ mEgCIR0008 mEgCIR0353 mEgCIR0230 และ mEgCIR1772 ลูกผสมข้ามคู่ที่ 63 มีไพรเมอร์ที่สามารถตรวจสอบการกระจายตัวได้มากที่สุด ได้แก่ mEgCIR0008 mEgCIR0353 mEgCIR0230 mEgCIR1772 mEgCIR0465 และmEgCIR0304 (Figure 1)

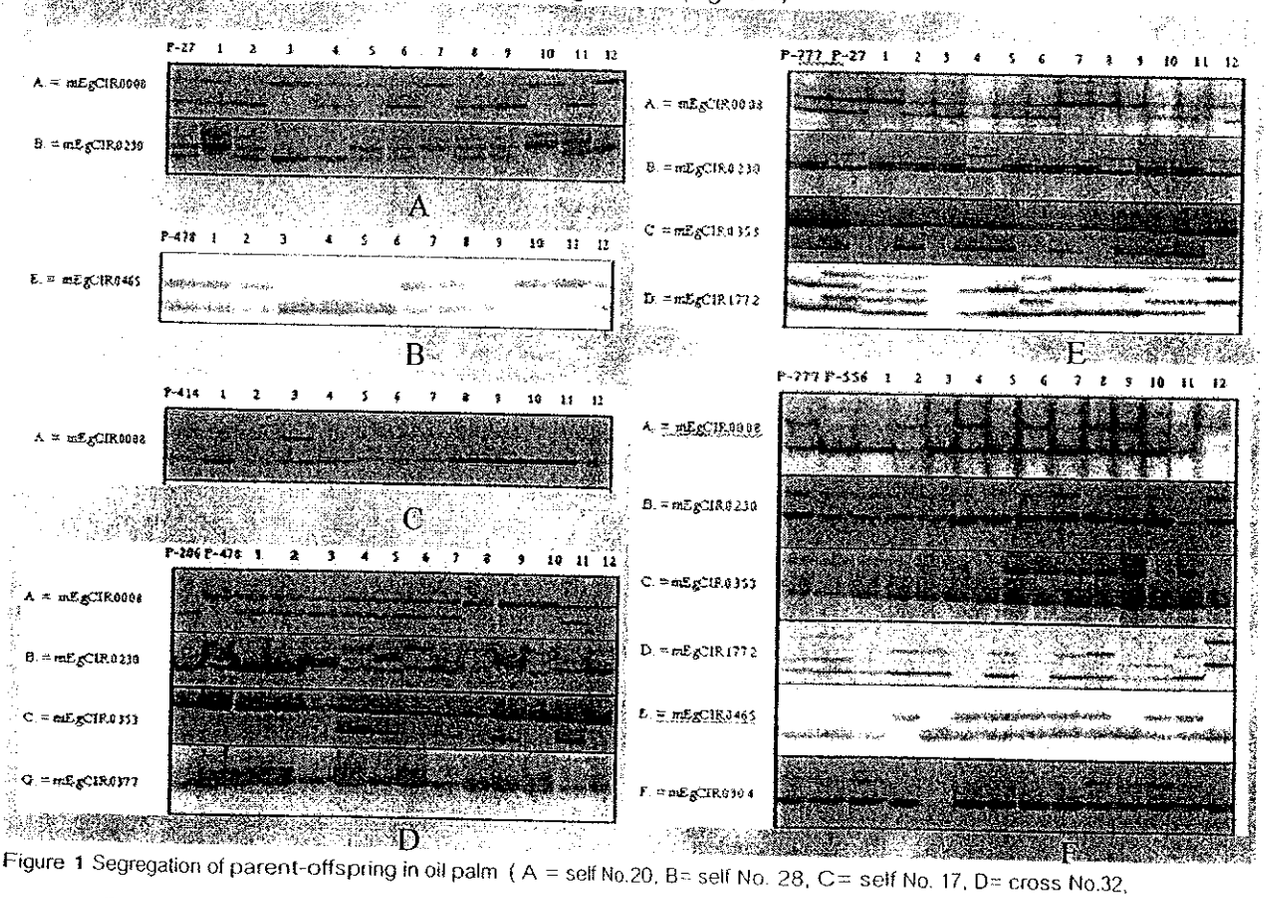


Figure 1 Segregation of parent-offspring in oil palm (A = self No.20, B= self No. 28, C= self No. 17, D= cross No.32, E= cross No.62, F= cross No.63)

ค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้สำหรับพืชผสมข้ามหมายความว่า เมื่อสุ่มพืชเป็นรายต้นจากประชากรที่ศึกษาจะได้พืชที่มีจีโนไทป์เฮเทอโรไซกัส เครื่องหมายที่มีค่าเฮเทอโรไซกัสสูงแสดงว่า เครื่องหมายนั้นมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ จากการศึกษาพบว่าไพรเมอร์ mEgCIR0353 มีค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้สูงสุด 0.49 ในลูกผสมคู่ที่ 62 และ คู่ที่ 63 ไพรเมอร์ mEgCIR0465 มีค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้สูงสุด 0.49 ในลูกผสมตัวเองคู่ที่ 23ไพรเมอร์ mEgCIR0304 มีค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้สูงสุด 0.46 ในลูกผสมคู่ที่ 63 ไพรเมอร์ mEgCIR0377 มีค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้สูงสุด 0.44 ในลูกผสมคู่ที่ 32 ไพรเมอร์ mEgCIR0230 มีค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้สูงสุด 0.67 ในลูกผสมตัวเองคู่ที่ 20 และไพรเมอร์ mEgCIR1772 มีค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้สูงสุด 0.71 ในลูกผสมคู่ที่ 62 (Table 1)

Table 1 Heterozygosity values (H_e) of 7 microsatellite marker

	Heterozygosity values (H_e)						
Primers	No.20	No.28	No.17	No.32	No.62	No.63	Average (H_e)
mEgCIR0008	0.50	0.00	0.44	0.48	0.48	0.44	0.48
mEgCIR0353	0.00	0.00	0.00	0.38	0.49	0.49	0.49
mEgCIR0465	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.48	0.24
mEgCIR0304	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.11
mEgCIR0377	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.10
mEgCIR0230	0.67	0.50	0.50	0.63	0.59	0.50	0.64
mEgCIR1772	0.50	0.50	0.50	0.50	0.71	0.65	0.75

ค่าอัตราโพลิมอฟิซึม ควรมีความถี่ของแอลลีลหนึ่งน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.95 หรือ 0.99 จากการศึกษาพบว่า ไพร์เมอร์ mEgCIR0008 สามารถบอกโพลิมอฟิซึมในปาล์มน้ำมันลูกผสมได้มากที่สุด 5 คู่ (Table 2)

Table 2 Allele frequency of 7 microsatellite markers

		Allele frequency						
Primer	Allele	No.20	No.17	No.23	No.32	No.62	No.63	Average
mEgCIR0008	p	0.50	0.67	1.00	0.40	0.40	0.67	0.61
	q	0.50	0.33	0.00	0.60	0.60	0.33	0.39
mEgCIR0353	p	1.00	1.00	0.00	0.25	0.58	0.57	0.57
	q	0.00	0.00	1.00	0.75	0.42	0.43	0.43
mEgCIR0465	p	1.00	1.00	0.56	1.00	1.00	0.61	0.86
	q	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.39	0.14
mEgCIR0304	p	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.65	0.94
	q	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.06
mEgCIR0377	p	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00	0.94
	q	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.06
mEgCIR0230	p	0.33	0.50	0.50	0.48	0.50	0.55	0.48
	q	0.33	0.50	0.00	0.29	0.38	0.00	0.25
	r	0.33	0.00	0.50	0.24	0.13	0.45	0.28
mEgCIR1772	p	0.50	0.00	0.00	0.00	0.34	0.48	0.22
	q	0.50	0.00	0.50	0.00	0.16	0.19	0.22
	r	0.00	0.50	0.00	0.50	0.34	0.29	0.27
	s	0.00	0.50	0.50	0.50	0.16	0.05	0.28

วิจารณ์ผล

การศึกษาการกระจายตัวทำให้พบว่า ในลูกผสมตัวเอง มีความเป็นโฮโมไซกัสสูงกว่าลูกผสมข้าม เนื่องจากพืชที่มีการผสมตัวเอง จะมีอัตราความคงตัวทางพันธุกรรมเพิ่มขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละครั้งที่มีการผสมตัวเอง (กฤษฎา, 2546) พิจารณาได้จาก ลูกผสมตัวเองมีจำนวนไพรเมอร์ที่ใช้บอกการกระจายตัวน้อยคู่กว่าลูกผสมข้าม แต่ในลูกผสมตัวเองก็ยังพบการกระจายตัวในรุ่นลูก เนื่องจากปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษา เกิดจากการผสมตัวเองในชั่วรุ่นที่ 1 ทำให้ยังคงลักษณะเฮเทอโรไซกัสสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการศึกษาค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้จะมีค่าสูง เมื่อจำนวนอัลลีลมากขึ้น เช่น mEgCIR0230 และ mEgCIR1772 มีอัลลีล 3 และ 4 อัลลีล ตามลำดับ ส่วนค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้ที่ต่ำหรือเป็นศูนย์ เนื่องจากในประชากรดังกล่าว มีความถี่ของอัลลีล น้อยมาก หรือไม่มีความแตกต่างของความถี่อัลลีล (monomorphism) ดังเช่นไพร์เมอร์ mEgCIR0377 ในประชากร No.20, No.17, No.23, No.62 และ No.63 การศึกษาอัตราโพลิมอฟิซึมเป็นค่าที่พิจารณาจากความถี่ของอัลลีล การประมาณค่าความถี่อัลลีล จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ควรจะเป็นเมื่อจำนวนตัวอย่างที่นำมาทดลองมากขึ้น ซึ่งเป็นการลดความคลาดเคลื่อนของการคำนวณ แต่เนื่องจากการทดลองนี้ ใช้ตัวอย่างเพียงแค่ 12 ตัวอย่างต่อประชากร หากต้องการค่าความถี่อัลลีลที่แม่นยำ จะต้องเพิ่มจำนวนประชากรให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มโอกาสของการปรากฏจีโนไทป์ ให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ควรจะเป็น

สรุป

เครื่องหมายโมเลกุลที่คัดเลือกมาทั้ง 7 เครื่องหมาย สามารถใช้ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเบื้องต้นของลูกผสมทั้ง 6 คู่ที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ โดยศึกษาการกระจายตัว ค่าเฮเทอโรไซโกซิตี้ (H_e) และ อัตราโพลิมอฟิซึม เพื่อวัดความหลากหลายภายในประชากรของแต่ละคู่ผสม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจาก ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์ จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ จากบัณฑิตวิทยาลัย และขอบคุณภาควิชาพืชศาสตร์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

สุรินทร์ ปิยะโชคคณากุล. 2545. จีโนมและเครื่องหมายดีเอ็นเอ ปฏิบัติการอาร์เอพีดีและเอแอฟแอลพี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 116 หน้า.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2546. ปรับปรุงพันธุ์พืช พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 237 หน้า.

Billotte, N., A.M. Risterucci, E. Barcelos, J.L. Noyer, P. Amblard, and F.C. Baurens. 2001. Development, characterisation, and across-taxa utility of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) microsatellite markers. Genome 44: 413-425.

Billotte, N., N. Marseillac, A.M. Risterucci, B. Adon, P. Brottier, F.C. Baurens, R. Singh, A.Herra, H. Asmady, C. Billot, P. Amblard, T. Durand-Gasselin, B. Courtois, D. Asmono, S. C. Cheah, W. Rohde, E. Ritter and A. Charrier. 2005. Microsatellite-based high density linkage map in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Theor. Appl. Genet. 110: 754–765.

Agricultural Sci.J. 40 (1) : 25-34 (2009) *วิทย.กษ. 40 (1) : 25-34 (2552)*

สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร ในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Correlation, Direct Effect and Heritability of Agronomic Characters in F_2 Population of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)

อังคณา โชติวัฒนศักดิ์[1] ธีระ เอกสมทราเมษฐ์[2] และนิทัศน์ สองศรี[3]
Angkhana Chotewattanasak[2] Theera Eksomtramage[2] and Nithus Songsri[3]

Abstract

A study on agronomic characters in F_2 Population of oil palm was made during January 2006 to December2007 in the germplasm plots which collected and planted in 1989 at Klong Hoi Khong Research Station, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla, Southern Thailand. A total of 501 palms included with dura type 175 plants, tenera type 268 plants and pisifera type 58 plants were observed individually for agronomic characters. The results found that most of the characters showed high significantly difference between three oil palmtypes is total bunch weight, bunch numberaverage bunch weight, rachis length, leaf dry weight, leaflets length, petiole width and petiole depth.The bunch number and average bunch weight were singnificantly positive correlatedwith total bunch weight for all oil palm types. Only bunch number gave high direct effect to total bunch weight. Estimates of broad sense heritabili ties showed that all characters had low value

Keywords : oil palm, correlation, direct effect, heritability.

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
Graduate student, Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112, Thailand

[2] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112,Thailand

[3] สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา
Klong Hoi Khong Research Satation, Faculty of Natural Resources, Hat Yai, Songkhla, 90112 , Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันชั่วที่ 2 ได้ดำเนินการตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2550 ในแปลงรวบรวมเชื้อพันธุ์ปาล์มน้ำมันซึ่งปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 ที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันเป็นรายต้น จำนวน 501 ต้น แยกเป็นปาล์มน้ำมันแบบดูรา 175 ต้น แบบเทเนอรา 268 ต้น และพิสิเฟอรา 58 ต้น ผลการทดลองพบว่า ลักษณะทางการเกษตรส่วนใหญ่ของปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แบบ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักทะลายทั้งหมด จำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย ความยาวทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ความยาวใบย่อย ความกว้างโคนทางใบ และความหนาโคนทางใบ ลักษณะจำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักทะลายทั้งหมดของปาล์มน้ำมันแบบต่างๆ โดยเฉพาะลักษณะจำนวนทะลายพบว่า มีอิทธิพลทางตรงต่อน้ำหนักทะลายทั้งหมดของปาล์มน้ำมันสูงที่สุด การประเมินอัตราพันธุกรรมแบบกว้างพบว่า ทุกลักษณะทางการเกษตรมีค่าต่ำ

คำนำ

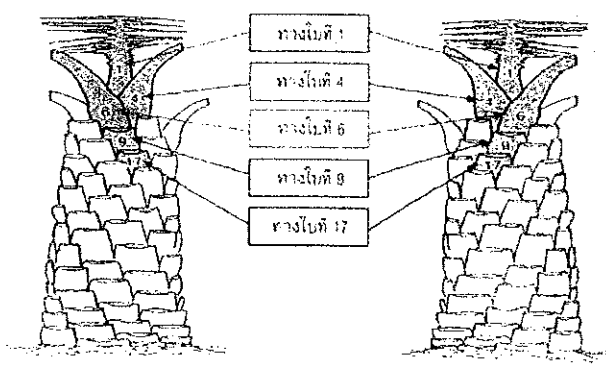
ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชยืนต้นผสมข้ามชนิดหนึ่งซึ่งมีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของโลก มีจำนวนโครโมโซม 16 คู่(2n=2x=32) ผู้ที่ตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ *Elaeis guineensis* Jacq. คือ Jacquin โดย elaeis มาจากภาษากรีก elaion มีความหมายว่า น้ำมัน ส่วน *guineensis* แสดงถึงถิ่นกำเนิดที่เชื่อว่ามาจาก ชายฝั่งทะเลของประเทศกินี (guinea coast) (Corley and Tinker, 2003) ในประเทศไทย พื้นที่ที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากอยู่ในภาคใต้ จังหวัดที่ปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดกระบี่ รองมาได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร และตรัง ตามลำดับ เนื่องจากการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อให้ผลตอบแทนที่ดี ต้องมีสภาพอากาศที่มีปริมาณน้ำฝนกระจายเฉลี่ยทั้งปี 2,000 มิลลิเมตรขึ้นไป อุณหภูมิประมาณ 28 - 33 องศาเซลเซียส พื้นที่นอกเหนือจากนี้ อาจมีปัญหาเรื่องการกระจายของปริมาณน้ำฝนไม่ทั่วถึง ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ปัจจัยอีกประการหนึ่ง ที่จะทำให้ผู้ปลูกปาล์มน้ำมันประสบความสำเร็จคือ การจัดการสวนและสายพันธุ์ เนื่องจากการขยายพื้นที่ปลูกที่มีภูมิอากาศเหมาะสมทำได้ยาก สายพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ดีจึงมีความสำคัญ (กรกัญญา และวรรณภา , 2551) ปัจจุบันการปลูกปาล์มน้ำมันที่เป็นการค้า นิยมใช้ลูกผสมเทเนอราที่ลักษณะกะลาบาง ซึ่งได้จากการผสมระหว่างปาล์มน้ำมันดูราที่มีกะลาหนา และพิสิเฟอราที่ไม่มีกะลา การนำปาล์มน้ำมันพันธุ์ที่ดีมาจากต่างประเทศ อาจเป็นพันธุ์ที่ไม่เหมาะกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย จึงทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่สูงเท่าที่ควร ดังนั้นประเทศไทยควรจะมีพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่สามารถตอบสนองต่อสภาพอากาศ และพื้นที่ของประเทศไทยได้ดี คณะทรัพยากรธรรมชาติ เริ่มโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน ในปีพ.ศ. 2530 โดยรวบรวมทะลายปาล์มน้ำมันที่มีขนาดใหญ่ และมีกะลาบางจากแปลงเกษตรกรในแหล่งปลูกของภาคใต้แปลงละ 1 ทะลาย แต่ละทะลายคัดเลือกไว้ 4 ผล ปลูกไว้ที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง เพื่อเป็นแปลงรวบรวมเชื้อพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (ธีระ, 2548) ปันจุบันปาล์มน้ำมันแปลงดังกล่าวมีอายุ 19 ปี (ยงยุทธ, 2545) ศึกษาเกี่ยวกับสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำมันปาล์ม และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายของปาล์มน้ำมัน แบบดูรา เทเนอรา และพิสิเฟอราในแปลงรวบรวมเชื้อพันธุ์ปาล์มน้ำมันของสถานีวิจัยคลองหอยโข่งพบว่า ลักษณะน้ำหนักทะลายทั้งหมดของปาล์มน้ำมันดูราและเทเนอรา มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตน้ำมันปาล์ม ขณะที่ลักษณะจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันเทเนอราและพิสิเฟอรามีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตน้ำมันปาล์ม ส่วนลักษณะเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลของปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แบบ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย

การประเมินการเจริญเติบโตทางลำต้น และน้ำหนักแห้งใบ โดยวิธีการทำลายบางส่วนของต้นปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นพืชหลายฤดู (perennial crop) ไม่เป็นที่นิยมด้วยเหตุผลดังกล่าว (Hardon *et al.*,1969) และ (Corley *et al.*,1971)

ได้พัฒนาวิธีการประเมินแบบไม่ทำลายต้น โดยใช้หลักการหาสหสัมพันธ์ ระหว่างน้ำหนักแห้ง และการวัดอย่างง่ายที่วัดเพียงส่วนของใบ ลำต้น และทะลาย วิธีนี้รวดเร็ว และใช้ต้นทุนต่ำกว่าการวิเคราะห์แบบทำลายต้น สามารถทำซ้ำได้ในต้นปาล์มน้ำมันต้นเดิม แม้เวลาต่างกัน ปัจจุบันมีการศึกษาด้านการเจริญเติบโต ในต้นปาล์มน้ำมันด้วยวิธีดังกล่าวมากขึ้น (Hardon *et al.*,1969) ประเมินพื้นที่ใบจากตัวอย่างใบย่อยที่ยาวที่สุด โดยคำนวณจากสูตร A = b(nlw) โดยที่ n คือจำนวนใบย่อย lw คือค่าเฉลี่ยของความยาว คูณกับความกว้างกลางใบจากใบย่อยที่ยาวที่สุด 6 ใบค่า b เป็นค่าสัมประสิทธิ์ (correction factor) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.51 - 0.57 แตกต่างกันไปตามอายุของปาล์มน้ำมัน ในการเปรียบเทียบทั่วไปจะใช้ค่า 0.55 ส่วนน้ำหนักแห้งของใบหน่วยเป็นกิโลกรัม สามารถประเมินได้จากความกว้าง และความหนาโคนทางใบจากสูตรของ (Corley *et al.*,1971) ได้ว่า W = 0.102P + 0.21 เมื่อ P คือ ผลคูณของความกว้างโคนทางใบ และความหนาทางใบ โดยวัดจากรอยต่อระหว่างแกนทางใบ กับโคนทางใบที่เกิดใบย่อยใบล่างสุด มีหน่วยตารางเซนติเมตร แต่ (Henson, 1993) อ้างโดย (Corley and Tinker, 2003) รายงานว่าวิธีการของ Corley ไม่สามารถนำมาใช้กับปาล์มน้ำมันที่อายุน้อยกว่า 5 ปี เนื่องจากสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น (regression coefficient) จะเพิ่มขึ้นตามอายุปาล์มน้ำมัน โดยในปาล์มน้ำมันอายุ 1 ปี มีค่า 0.04 และเพิ่มขึ้นเป็น 0.1 เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 6 ปี งานวิจัยนี้ เป็นส่วนหนึ่งในการปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่อง โดยศึกษาลักษณะทางการเกษตร ของปาล์มน้ำมัน วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแปรปรวน สหสัมพันธ์ และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ซึ่งคาดหวังว่าข้อมูลที่ศึกษาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ในการคัดเลือกต้นพ่อแม่พันธุ์ปาล์มน้ำมัน ที่สามารถให้ผลผลิตสูงและปรับตัวได้ดีในประเทศไทย ร่วมกับข้อมูลด้านลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ ซึ่งได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้

อุปกรณ์และวิธีการ

แปลงประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน จากสถานีวิจัยคลองหอยโข่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ติดหมายเลขไว้เพื่อสะดวกในการบันทึกผล จำนวน 1,038 ต้น อายุ 19 ปี สุ่มตัวอย่างต้นปาล์มน้ำมันจำนวน 501 ต้น แยกเป็นปาล์มน้ำมันแบบดูรา 175 ต้น แบบเทเนอรา 268 ต้น และพิสิเฟอรา 58 ต้น บันทึกข้อมูลลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันโดยใช้ทางใบที่ 17 เป็นเกณฑ์ เนื่องจากเป็นทางใบที่อยู่กลางบริเวณทรงพุ่ม ไม่อ่อนไม่แก่เกินไป สะดวกในการนับทางใบและเก็บตัวอย่าง ขั้นตอนการเลือกทางใบที่ 17 เริ่มจากการเลือกทางใบที่ 1 ซึ่งเป็นทางใบอ่อนที่สุดที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว โดยสังเกตจากใบย่อยบริเวณโคนทางใบคลี่เต็มที่แล้ว และตั้งฉากกับทางใบที่แล้ว เมื่อได้ทางใบที่ 1 แล้ว ดูการเวียนของทางใบว่าเป็นการเวียนซ้ายหรือเวียนขวา (ภาพที่ 1) ทางใบที่อยู่ด้านล่างตรงกับทางใบที่ 1 คือทางใบที่ 9 ซึ่งทางใบดังกล่าวจะเอียงซ้ายหรือเอียงขวาเล็กน้อยขึ้นอยู่กับการเวียนของทางใบ โดยถ้าทางใบเวียนซ้าย ทางที่ 9 จะเอียงทางขวา ในขณะที่ปาล์มเวียนขวา ทางใบที่ 9 จะเอียงมาทางซ้าย ไล่ลำดับถอยลงมาด้านล่างอีกหนึ่งชั้นจะเป็นทางใบที่ 17 เนื่องจากรอบของการเวียนทางใบ 1 รอบจะมี 8 ทางใบ ดังนั้นทางใบที่ 1, 9, 17, 25... จะอยู่แนวเดียวกัน (ประภิจ, 2548)



ทางใบเวียนซ้าย ทางใบเวียนขวา

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะการเวียนทางใบ และการนับทางใบ

บันทึกความหนาโคนทางใบ, ความกว้างโคนทางใบ (วัดตรงหนามสุดท้ายของทางใบ), ความยาวทางใบ (วัดจากหนามสุดท้ายของทางใบซึ่งเป็นใบย่อยใบล่างสุดถึงโคนใบย่อยใบบนสุด), จำนวนใบย่อยทั้งหมดต่อทางใบ, ความยาวใบย่อย, ความกว้างใบย่อย และความสูงต้น หาพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งใบ ตามวิธีของ (Hardon *et al.*,1969)

บันทึกข้อมูลน้ำหนักทะลาย และจำนวนทะลาย ทุกเดือนที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นเวลา 2 ปี ระยะเวลาตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2548 จนกระทั่ง ธันวาคม พ.ศ. 2550 นำข้อมูลดังกล่าวมาบันทึกเป็น จำนวนทะลายต่อต้นต่อปี น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อต้นต่อปี) และน้ำหนักทะลายทั้งหมด (กิโลกรัมต่อต้นต่อปี) แยกรายต้นทั้งแบบดูรา พิสิเฟอรา และเทเนอรา จากข้อมูลดังกล่าวนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนสหสัมพันธ์และ Path-Coefficient analysis โดยใช้โปรแกรมR(R Development Core Team, 2007; ชูศักดิ์, 2550) รวมทั้งประเมินอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad sense heritability) (ธีระ และคณะ, 2544 และ Becker, 1984)

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทางลำต้นและองค์ประกอบผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน พบว่า ลักษณะความยาวใบย่อย ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ ความยาวทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ของปาล์มน้ำมันแบบพิสิเฟอรา มีความแตกต่างจากแบบเทเนอราและดูรา ส่วนลักษณะน้ำหนักทะลายทั้งหมด มีความแตกต่างกันทั้งแบบดูรา พิสิเฟอรา และ เทเนอรา ลักษณะจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันแบบเทเนอรา ไม่แตกต่างกับแบบพิสิเฟอรา แต่แตกต่างกับแบบดูรา ส่วนลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันแบบดูรา และเทเนอราไม่แตกต่างกัน (ตารางที่1) จากการศึกษาข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า ปาล์มน้ำมันแบบเทเนอรา มีความคล้ายคลึงกันกับปาล์มน้ำมันแบบดูรา เนื่องจากการกระจายตัวของทั้ง 2 ชนิดในหลายลักษณะที่ทำการศึกษาอยู่ในช่วงเดียวกัน และค่าเฉลี่ยลักษณะต่างๆของปาล์มน้ำมันแบบดูรา และแบบเทเนอรา มีค่าใกล้เคียงกันมากกว่าปาล์มน้ำมันแบบพิสิเฟอรา โดยค่าเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันแบบเทเนอราส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่างปาล์มน้ำมันแบบดูราและแบบพิสิเฟอรา ทั้งนี้เนื่องมาจากปาล์มน้ำมันเทเนอรา เป็นลูกผสมระหว่างปาล์มน้ำมันทั้ง 2 แบบนั่นเอง แต่ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมันทั้งหมด และจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันเทเนอรามีค่าสูงสุด เนื่องมาจากความดีเด่นของลูกผสม (Corley and Tinker, 2003) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ที่สูงในลักษณะองค์ประกอบทะลายปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมันทั้งหมด จำนวนทะลายปาล์มน้ำมัน และน้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมันเฉลี่ย เป็นผลมาจากลักษณะดังกล่าวควบคุมด้วยยีนหลายคู่ รวมถึงสภาพแวดล้อมที่มีผลร่วมกัน (ไพศาล, 2527)

การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของปาล์มน้ำมันแยกตามแบบดูรา เทเนอรา และพิสิเฟอรา (ตารางที่ 2) พบว่า ลักษณะจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แบบ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ มากที่สุด คือ 0.868, 0.825 และ 0.938 ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักทะลายเฉลี่ย มีสหสัมพันธ์เชิงบวก กับผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติรองมาคือ 0.204, 0.267 และ 0.431 ตามลำดับ สอดคล้องกับ (Kushairi *et al.*,1993) ที่ได้ศึกษาความแปรปรวนผลผลิตทะลายของลูกผสมดูรา และพิสิเฟอราพบว่า ผลผลิตที่สูงมีความสัมพันธ์กับจำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลาย นอกจากนี้ลักษณะความสูงต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในปาล์มน้ำมันแบบเทเนอรา ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ (Hirsch, 1980) ที่ยืนยันว่าผลผลิตปาล์มน้ำมันในแต่ละต้น มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสูงต้น ส่วนลักษณะความยาวทางใบ และพื้นที่ใบ มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในดูรา และลักษณะน้ำหนักแห้งใบมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในพิสิเฟอรา

ผลการวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันแยกตามแบบดูรา เทเนอรา และพิสิเฟอราพบว่า ลักษณะที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แบบมากที่สุดคือ จำนวนทะลาย โดยมีค่า 0.961, 0.954 และ 0.884 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งอิทธิพลทางอ้อมที่มีต่อจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันแต่ละแบบจะแตกต่างกันไป ได้แก่ น้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีอิทธิพลทางอ้อมในเชิงลบผ่านทางจำนวนทะลายในดูรา และเทเนอรา แต่มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกผ่านทางจำนวนทะลายในพิสิเฟอรา ลักษณะความสูงต้นมีอิทธิพลทางอ้อมเชิง

บวกในแบบเทเนอรา และพิสิเฟอรา ลักษณะความยาวทางใบมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงลบผ่านทางจำนวนทะลายในแบบเทเนอรา และพิสิเฟอรา พื้นที่ใบมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงลบผ่านทางจำนวนทะลายทั้งในดูรา เทเนอรา และพิสิเฟอรา น้ำหนักแห้งใบมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงลบผ่านทางจำนวนทะลายในแบบดูรา และเทเนอรา แต่มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกผ่านทางจำนวนทะลายในแบบพิสิเฟอรา

อย่างไรก็ตามลักษณะผลผลิตของพืชเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ลักษณะแต่ละลักษณะ มีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิตร่วมกัน แต่มีค่าไม่มาก ดังนั้นควรจะศึกษาลักษณะหลายๆ ลักษณะ นอกเหนือจากลักษณะที่ศึกษาในครั้งนี้ เพื่อดูความสัมพันธ์ร่วมกับลักษณะผลผลิต เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือก และควรศึกษาในชั่วลูกต่อไป (พีระศักดิ์, 2548) กล่าวว่า ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความสัมพันธ์กัน มักเกิดจากสาเหตุหลัก 2 ประการ คือ การที่ยีนกลุ่มเดียวสามารถควบคุมได้ทั้ง 2 ลักษณะ (pleiotropy) ซึ่ง pleiotropy ก่อให้ เกิดสหสัมพันธ์ตลอดไปทุกชั่ว สาเหตุอีกประการคือ ยีนที่ควบคุมลักษณะทั้ง 2 อยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage) แต่อิทธิพลของยีนที่อยู่บนโครโมโซมเดียวกันที่ก่อให้เกิดสหสัมพันธ์จะมีในชั่วแรก ๆ เท่านั้น ดังนั้นในการคัดเลือกปาล์มน้ำมันควรพิจารณาแยกตามแบบของปาล์มน้ำมัน เนื่องจากว่าลักษณะที่ศึกษา มีความสัมพันธ์สัมพันธ์แตกตามกันไปตามปาล์มน้ำมันแต่ละแบบ เพื่อช่วยให้การวางแผนปรับปรุงพันธ์ปาล์มน้ำมันแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาเพื่อคัดเลือกต้นพ่อแม่พันธุ์ปาล์มน้ำมัน จากปาล์มน้ำมันประชากรชั่วที่ 2 ในสถานีวิจัยคลองหอยโข่ง ควรคัดเลือกจากลักษณะจำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ยเป็นหลัก เนื่องจากมีสหสัมพันธ์ทางบวก และอิทธิพลโดยตรงต่อน้ำหนักทะลายทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งมากที่สุด

อัตราพันธุกรรม เป็นความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมเปรียบเทียบ กับความแปรปรวนทั้งหมด ดังนั้นอัตราพันธุกรรมจึงเป็นค่าหนึ่งที่กำหนดความสำเร็จในการปรับปรุงลักษณะที่สนใจ ว่าควรเพิ่มหรือลดลักษณะนั้นได้มากน้อยเพียงใด (พีระศักดิ์, 2548) เนื่องจากอัตราพันธุกรรม เป็นคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละประชากรที่ศึกษา ดังนั้นการใช้ตัวอย่างประชากร สภาพแวดล้อม และเวลาที่แตกต่างกัน ย่อมมีส่วนทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงได้ จากการศึกษาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะที่ศึกษา ได้แก่ ความยาวใบย่อย ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ ความยาวทางใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักทะลายปาล์มทั้งหมด จำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย และความสูงต้นพบว่ามีอัตราพันธุกรรมต่ำ คือ 0.104, 0.093, 0.051, 0.024, 0.011, 0.083, 0.064, 0.03, 0.133 และ 0.011 ตามลำดับ ส่วนความกว้างใบย่อย และ จำนวนใบย่อยต่อทางใบ มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำมาก (ตารางที่ 4) (Obisesan and Fatunla, 1982) ได้กล่าวว่า ค่าอัตราพันธุกรรมจะมีค่าลดลงเมื่อประเมินที่อายุ 10 และ14 ปี เนื่องจากอิทธิพลทางพันธุกรรมที่มีร่วมกับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งปาล์มน้ำมันที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษานี้มีอายุประมาณ 19 ปี ดังนั้น สิ่งแวดล้อมจึงน่าจะเป็นปัจจัยหลักที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำให้ค่าอัตราพันธุกรรมต่ำและ (Van der Vossen, 1974) อ้างโดย (Corley and Gray, 1976) กล่าวว่า น้ำหนักทะลายเฉลี่ย และจำนวนทะลาย มีอัตราพันธุกรรมอย่างแคบอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันชั่วที่ 2

ลักษณะ	แบบดูรา			แบบเทเนอรา			แบบพิสิเฟอรา		
	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	C.V.(%)	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	C.V.(%)	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	C.V.(%)
น้ำหนักทะลายปาล์มทั้งหมด (กิโลกรัม/ต้น/ปี)	65.7^{b}	4.7-173.9	53.4	77.4^{a}	8.0-237.4	48.8	54.8^{c}	3.5-213.5	82.2
จำนวนทะลาย (ทะลาย/ต้น/ปี)	3.6^{b}	0.5-10.0	55.7	4.2^{a}	0.5-10.0	47.0	3.8^{ab}	0.5-10.5	69.5
น้ำหนักทะลายปาล์มเฉลี่ย(กิโลกรัม/ต้น/ปี)	19.1^{a}	7.7-47.8	29.3	19.0^{a}	7.5-37.5	27.1	14.1^{b}	4.9-23.1	30.8
ความสูงต้น (เซนติเมตร)	515.5^{a}	300.0-685.0	12.0	519.5^{a}	348.0-705.0	10.5	535.5^{a}	412.0-687.0	10.9
ความยาวทางใบ (เซนติเมตร)	530.1^{b}	376.0-653.0	10.3	536.3^{b}	363.0-741.0	11.0	556.0^{a}	437.0-677.0	8.3
พื้นที่ใบ (ตารางเมตร)	7.6^{a}	4.2-12.5	19.8	7.7^{a}	3.7-15.3	22.2	8.1^{a}	3.9-11.8	19.8
น้ำหนักแห้งใบ (กิโลกรัม)	3.3^{b}	1.6-6.1	25.0	3.5^{b}	1.6-6.7	24.9	4.0^{a}	2.1-5.6	18.9
ความกว้างใบย่อย (เซนติเมตร)	5.8^{a}	3.8-7.8	12.8	5.8^{a}	3.9-8.0	13.4	5.9^{a}	4.2-8.2	14.6
ความยาวใบย่อย (เซนติเมตร)	70.2^{b}	51.5-94.2	10.1	69.8^{b}	51.4-90.4	10.0	73.6^{a}	60.0-89.0	9.4
จำนวนใบย่อย	339.3^{a}	270.0-424.0	8.0	339.6^{a}	192.0-424.0	9.3	343.4^{a}	268.0-398.0	8.3
ความกว้างโคนทางใบ(เซนติเมตร)	7.9^{b}	5.3-12	15.2	8.2^{b}	4.2-12.0	15.5	9.0^{a}	6.0-11.3	11.8
ความหนาโคนทางใบ(เซนติเมตร)	3.7^{b}	2.4-5.4	14.1	3.9^{b}	2.7-5.7	13.3	4.1^{a}	3.0-5.1	11.3

* ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรสูงกำกับร่วมกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้น ร่วมกับองค์ประกอบผลผลิตทะลายในประชากรปาล์มน้ำมันชั่วที่ 2

ลักษณะ		น้ำหนักทะลายปาล์มทั้งหมด	จำนวนทะลาย	น้ำหนักทะลายปาล์มเฉลี่ย	ความสูงต้น	ความยาวทางใบ	พื้นที่ใบ	น้ำหนักแห้งใบ
น้ำหนักทะลายปาล์มทั้งหมด	1/	1	0.868**	0.204**	0.083	0.170*	0.174*	0.117
	2/		0.825**	0.267**	0.178**	0.083	0.161**	0.158**
	3/		0.938**	0.431**	0.141	0.056	-0.115	0.280*
จำนวนทะลาย			1	-0.227**	-0.014	0.013	-0.048	-0.107
				-0.258**	0.047	-0.163**	-0.094	-0.126*
				0.187	0.095	0.101	-0.175	0.269*
น้ำหนักทะลายปาล์มเฉลี่ย				1	0.195**	0.287**	0.412**	0.439**
					0.167**	0.408**	0.399**	0.462**
					0.041	-0.006	0.187	0.129
ความสูงต้น					1	0.141	0.222**	0.172*
						0.082	0.168**	0.296**
						-0.262	-0.259	-0.060
ความยาวทางใบ						1	0.583**	0.581**
							0.624**	0.623**
							0.573**	0.581**
พื้นที่ใบ							1	0.645**
								0.690**
								0.498**
น้ำหนักแห้งใบ								1

1/ ปาล์มน้ำมันดูรา 2/ ปาล์มน้ำมันเทเนอรา 3/ ปาล์มน้ำมันพิสิเฟอรา

* ค่าสหสัมพันธ์มีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) **ค่าสหสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ตารางที่ 3 อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของลักษณะทางลำต้น ร่วมกับองค์ประกอบผลผลิตทะลาย ในประชากรปาล์มน้ำมันชั่วที่ 2

ลักษณะ		สหสัมพันธ์	อิทธิพลทางตรง	อิทธิพลทางอ้อม					
				จำนวนทะลาย	น้ำหนักทะลายปาล์มเฉลี่ย	ความสูงต้น	ความยาวทางใบ	พื้นที่ใบ	น้ำหนักแห้งใบ
จำนวนทะลาย	1/	0.868**	0.961		-0.090	0.000	0.000	-0.002	-0.001
	2/	0.825**	0.954	-	-0.124	0.002	-0.001	-0.004	-0.002
	3/	0.938**	0.884		0.048	0.004	-0.005	-0.002	0.009
น้ำหนักทะลายปาล์มเฉลี่ย		0.204**	0.396	-0.218		0.001	0.004	0.017	0.005
		0.267**	0.482	-0.246	-	0.007	0.003	0.015	0.006
		0.431**	0.257	0.165		0.002	0.000	0.002	0.004
ความสูงต้น		0.083	0.007	-0.013	0.077		0.002	0.009	0.002
		0.178**	0.041	0.045	0.081	-	0.001	0.006	0.004
		0.141	0.039	0.084	0.010		0.013	-0.003	-0.002
ความยาวทางใบ		0.170*	0.013	0.012	0.114	0.001		0.024	0.006
		0.083	0.006	-0.155	0.197	0.003	-	0.024	0.008
		0.056	-0.048	0.090	-0.001	-0.010		0.008	0.019
พื้นที่ใบ		0.174*	0.041	-0.046	0.163	0.001	0.008		0.007
		0.161**	0.038	-0.090	0.192	0.007	0.004	-	0.009
		-0.115	0.013	-0.155	0.048	-0.010	-0.028		0.016
น้ำหนักแห้งใบ		0.117	0.011	-0.102	0.174	0.001	0.008	0.026	
		0.158**	0.013	-0.120	0.223	0.012	0.004	0.026	-
		0.280*	0.033	0.238	0.033	-0.002	-0.028	0.007	

1/ ปาล์มน้ำมันดูรา 2/ ปาล์มน้ำมันเทเนอรา 3/ ปาล์มน้ำมันพิสิเฟอรา

* ค่าสหสัมพันธ์มีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) **ค่าสหสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

ตารางที่ 4 อัตราพันธุกรรมแบบกว้างของลักษณะทางลำต้น และองค์ประกอบผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน

ลักษณะ	อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง ($h^2_{b.s.}$)
ความกว้างใบย่อย	-0.005 [1]
ความยาวใบย่อย	0.104
จำนวนใบย่อย	-0.003 [1]
ความกว้างโคนทางใบ	0.093
ความหนาโคนทางใบ	0.051
ความยาวทางใบ	0.024
พื้นที่ใบ	0.011
น้ำหนักแห้งใบ	0.083
น้ำหนักทะลายปาล์มทั้งหมด	0.064
จำนวนทะลาย	0.03
น้ำหนักทะลายปาล์มเฉลี่ย	0.133
ความสูงต้น	0.011

[1] มีค่าติดลบ ถือว่ามีค่าเป็นศูนย์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานพัฒนาบัณฑิต ศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์ จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และขอบคุณ คุณนิทัศน์ สองศรี หัวหน้าสถานีวิจัยคลองหอยโข่ง ที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรกัญญา อักษรเนียม และ วรรณภา เสนาดี. 2551. ปาล์มน้ำมันพืชพลังงานของไทย.เคหการเกษตร. 32: 75-102.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2550. สถิติกับงานวิจัยด้านพืช : การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย R. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 223 น.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, นิทัศน์ สองศรี, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544. สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์เส้นทาง และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรม สำหรับลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ (วทท.) 23: 691-704.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2548. พันธุ์ การผลิตเมล็ดพันธุ์ และการอนุบาลต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. น. 25-49.*ใน* เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์. สงขลา.

ประกิจ ทองคำ. 2548. การเก็บและเตรียมตัวอย่างใบส่งวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ. น. 91-98. ใน เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์. สงขลา.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2548. พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นาคณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม .

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2527. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. โรงพิมพ์ไทยนำ. สงขลา.

ยงยุทธ เชื้อมงคล. 2545. ความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Becker, W. A. 1984. Manual of Quantitative Genetics. Academic Enterprises : Washington.

Corley, R. H. V., J. J. Hardon and G. Y. Tan. 1971. Analysis of growth in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) I. Estimation of growth parameters and application in breeding. Euphytica 20:307-315.

Corley, R.H.V. and B.J. Gray. 1976. Yield and yield components. p 77-86. *In* Oil Palm Research. (Eds.bycorley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J.). Elsevier Sci. Publ. co., Amsterdam.

Corley R.H.V. and P.B Tinker, 2003. The Oil Palm. Blackwell Publishing Asia Pty Ltd. Australia. 562 p.

Hardon J.J. 1969. Interspecific hybrids in the genus *Elaeis*. II. Vegetative growth and yield of F_1 hybrids in the genus *E. guineensis* X *E. oleifera*. Euphytica 18: 380-388.

Hardon, J.J., C.N. Williams and I. Watson. 1969. Leaf area and yield in the oil palm in Malaya. Expl. Agric. 5: 25-32.

Kushairi, A.,N. Rajanaidu, B.S. Jalani and A.H. Zakri. 1993. Variation in Malaysian dura x pisifera planting materials I. bunch yield. Elaeis 6:14 -23.

Obisesan I. O. and T. Fatunla. 1982. Heritability of fresh fruit bunch yield and its components in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Theor. Appl. Genet. 64: 65–68.

R Development Core Team. 2007. R: A language and environment for statistical computing.Austria: R Foundation for Statistical Computing, Vien na. Available protocol: http://www.R-project. org. [4 สิงหาคม พ.ศ. 2550]

Agricultural Sci.J. 41 (3) : 383-396 (2010) *ว.วิทย.กษ. 41 (3) : 383-396 (2553)*

พันธุกรรมของสีผลและลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน โดยการทดสอบในลูกผสมเทเนอรา

Heredity of Fruit Color and Agronomic Characters of Oil Palm through D x P Progeny Testing

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ [1] นิทัศน์ สองศรี [3] และ วศะพงศ์ เอกสมทราเมษฐ์ [2]
Theera Eksomtramage [1] Nithus Songsri [2] and Wasapong Eksomtramage [1]

Abstract

This study aimed at evaluating the heredity of fruit color and agronomic characters (bunch yield, bunch qualities and vegetative characters) of oil palm. Two pisifera palms with different fruit colors were chosen as male parents and each was nigrescens and virescens fruit types. Each male parent was crossed to nine different dura female parents which were all nigrescens fruit types. Eighteen tenera oil palm progenies were obtained from the North Carolina Mating Design 1 (NCM 1). The progenies were grown in a Completely Randomized Design (CRD) with 18 palms per progeny. The results showed that the nigrescens fruit was controlled by a single gene with complete dominant gene action, while the virescens fruit was controlled by a single recessive gene. The progeny means of most agronomic characters due to virescens pisifera were significantly higher than those due to nigrescens pisifera. The variation of progenies due to pisifera and dura/pisifera effects showed that most agronomic characters were significantly different. The experimental coefficient of variation (CV, %) revealed high values for FFB yield (fresh fruit bunch yield, 39%) and NB (number of bunch, 36%) and low to moderate values (4 to 21%) for other characters. Narrow-sense heritability values of most agronomic characters estimated from pisifera were low (0 to 60%), and even lower than those from dura/pisifera component (12 to 89%) in all characters. The moderate values estimated from pisifera for NB, %F/B (fruit/bunch), height and number of leaflets were 33, 39, 60 and 46%, respectively. Most characters estimated from dura/pisifera plants gave moderate to high heritabilities (>40%), including FFB yield (89%), NB (78%), %F/B (63%) %M/F (mesocarp/fruit, 79%), %K/F (kernel/fruit, 57%), and all vegetative characters (47 - 89%). It is promising to improve these characters through pisifera and dura populations in a breeding program.

Keywords : Oil palm, heredity, heritability, Fruit color, Agronomic characters

---

[1,2] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112
Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand
[3] สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90112
Klong Hoi Khong Research Station, Faculty of Natural Resources, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand
รับเรื่อง : มีนาคม 2553
* Corresponding author : theera.e@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพันธุกรรมของลักษณะสีผล และลักษณะทางการเกษตร (ผลผลิตทะลาย คุณภาพทะลาย และลักษณะทางลำต้น) ของปาล์มน้ำมัน ในการศึกษาใช้ต้นพ่อพิสิเฟอรา จำนวน 2 ต้น แต่ละต้นมีลักษณะสีผลขณะที่ยังไม่สุกแก่แตกต่างกัน คือ ผลสีดำ (nigrescens fruit) และผลสีเขียว (virescens fruit) นำละอองเรณูจากต้นพ่อแต่ละต้นมาผสมกับต้นแม่ดูราที่มีลักษณะผลสีดำทุกต้น จำนวน 18 ต้น โดยต้นพ่อแต่ละต้นผสมกับต้นแม่ดูรา จำนวน 9 ต้น ได้ลูกผสมเทเนอราจำนวน 18 คู่ผสม จากแผนการผสมแบบ North Carolina Mating Design I (NCM 1) นี้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) แต่ละคู่ผสมปลูกจำนวน 18 ต้น ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะผลสีดำถูกควบคุมด้วยยีนเด่นคู่เดียวแบบข่มสมบูรณ์ และผลสีเขียวถูกควบคุมด้วยยีนด้อย ค่าเฉลี่ยในลูกผสมที่เกิดจากต้นพ่อพิสิเฟอราผลสีเขียว ส่วนใหญ่มีลักษณะทางการเกษตรดีกว่าต้นพ่อพิสิเฟอราผลสีดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวนในลูกทั้งที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อและอิทธิพลของต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกัน พบว่าลักษณะส่วนใหญ่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการทดลองของลักษณะผลผลิตทะลายสด และจำนวนทะลาย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูง คือ 39 และ 36% ตามลำดับ ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีค่าต่ำถึงปานกลาง (4 – 21%) ประมาณการอัตราพันธุกรรมอย่างแคบของลักษณะทางการเกษตรส่วนใหญ่ของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อมีค่าต่ำ (อยู่ระหว่าง 0 – 60%) และต่ำกว่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะเดียวกันที่เกิดจากอิทธิพลของต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกัน (h^2 อยู่ระหว่าง 12 – 89%) ลักษณะน่าสนใจของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อที่มีอัตราพันธุกรรมสูงกว่าลักษณะอื่นๆ ได้แก่ จำนวนทะลาย %ผล/ทะลาย ความสูงลำต้น และจำนวนใบย่อย มีค่า 33, 39, 60 และ 46% ตามลำดับ สำหรับลักษณะที่น่าสนใจของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นแม่มีอัตราพันธุกรรมปานกลางถึงสูง (h^2 มากกว่า 40%) ได้แก่ ผลผลิตทะลายสด (89%) จำนวนทะลาย (78%) %ผล/ทะลาย (63%) %เนื้อปาล์ม/ผล (79%) %เมล็ดใน/ผล (57%) และทุกลักษณะทางลำต้น (อยู่ระหว่าง 47 - 89%) ลักษณะดังกล่าวนี้ ควรนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงประชากรแม่พันธุ์ดูราและพ่อพันธุ์พิสิเฟอราในโครงการปรับปรุงพันธุ์

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) จัดเป็นพืชน้ำมันประเภทยืนต้นที่มีการผลิตน้ำมันเป็นอันดับหนึ่งของโลก เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตน้ำมันของพืชชนิดอื่น ๆ สามารถออกดอกได้ตลอดทั้งปี แต่ละต้นมีทั้งดอกเพศผู้และเพศเมียอยู่ในต้นเดียวกัน แต่บานไม่พร้อมกันจึงจัดเป็นพืชผสมข้ามต้น ดังนั้นโครงสร้างพันธุกรรมพื้นฐานของปาล์มน้ำมัน จึงมีจีโนไทป์แบบเฮเทอโรไซโกต (heterozygote) พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่นิยมใช้ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันเป็นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา (tenera) ซึ่งได้จากการควบคุมการผสมระหว่างแม่พันธุ์ดูรา (dura) กับพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา (pisifera) เนื่องจากปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา จะให้ผลผลิตน้ำมันสูงกว่าปาล์มน้ำมันชนิดอื่นๆ (ธีระ, 2528; Corley and Tinker, 2003) การปรับปรุงพันธุ์ โดยการคัดเลือกลักษณะทางการเกษตรที่ดีเพื่อปรับปรุงประชากรดูราและพิสิเฟอราที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกผสมเทเนอราให้มีศักยภาพสูง จึงมีความสำคัญความรู้ทางพันธุศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีทั้งลักษณะเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อประสิทธิภาพ ในการคัดเลือกพันธุ์ ให้มีความก้าวหน้าตามที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องการ (ธีระ, 2552 ; Corley and Tinker, 2003 ; Soh *et al.*, 2003) จากข้อมูลที่ได้มีผู้ศึกษามาก่อน พบว่า ลักษณะเชิงคุณภาพของปาล์มน้ำมันมียีนควบคุมเพียงคู่เดียวหรือสองคู่ มีอัตราพันธุกรรมสูง และไม่มีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะความหนาของกะลาปาล์ม และ การปรากฏของเส้นใยสีน้ำตาลบริเวณเนื้อปาล์มรอบกะลา (ธีระ และคณะ, 2544ก ; Corley and Tinker, 2003) ลักษณะสีผลปาล์ม (Beirnaert

and Vanderweyen , 1941 อ้างโดย Corley and Tinker, 2003) และลักษณะใบปาล์มบิด (Blaak, 1970 อ้างโดย Corley and Tinker, 2003) เป็นต้น ส่วนลักษณะเชิงปริมาณของปาล์มน้ำมันซึ่งมียีนควบคุมหลายคู่ มีอัตราพันธุกรรมแปรปรวนตั้งแต่ต่ำถึงสูง เนื่องจากมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องมาก รวมทั้งความแตกต่างของเชื้อพันธุกรรมที่ศึกษา เช่น ลักษณะผลผลิตทะลาย คุณภาพทะลาย และการเจริญเติบโต (ธีระ และคณะ, 2544 ก,ข ; อังคณา และคณะ, 2552 ; Raffi *et al.*,2002 ; Corley and Tinker, 2003 ; Okwuagwu *et al.*, 2008 ; Okoye *et al.*, 2009) สำหรับการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพันธุกรรมของลักษณะสีผลปาล์ม ผลผลิตทะลาย คุณภาพทะลาย และลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมัน โดยการทดสอบในลูกผสมเทเนอราที่เกิดจากการผสมระหว่างต้นแม่ดูราและต้นพ่อพิสิเฟอรา

อุปกรณ์และวิธีการ

การสร้างลูกผสมและการจัดการแปลงทดลองปาล์มน้ำมัน : สร้างลูกผสมเทเนอราโดยควบคุมการผสมระหว่างต้นแม่ดูรากับต้นพ่อพิสิเฟอรา จำนวน 18 คู่ผสม ในปี พ.ศ. 2542 ใช้แผนการผสมแบบ North Carolina Mating Design I (NCM 1) (Comstock and Robinson, 1948, 1952) ในการทดลองใช้ต้นพ่อพิสิเฟอรา จำนวน 2 ต้น แต่ละต้นมีพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะสีผลขณะที่ยังไม่สุกแก่แตกต่างกัน คือ ผลสีดำ และผลสีเขียว โดยผลสีดำมีฐานพันธุกรรมมาจากปาล์มน้ำมันเดลี ดูรา ในประเทศอินโดนีเซีย ส่วนผลสีเขียวมีฐานพันธุกรรมมาจากแอฟริกันดูรา ในประเทศซาอีร์และไนจีเรีย นำละอองเรณูจากต้นพ่อมาผสมกับต้นแม่ดูราที่มีลักษณะผลสีดำทุกต้น จำนวน 18 ต้น โดยต้นพ่อแต่ละต้นผสมกับต้นแม่ดูรา จำนวน 9 ต้น ต้นแม่ดูราที่ใช้ในการผสมนี้เกิดจากการผสมระหว่างต้นดูรา x ดูรา ซึ่งมีฐานพันธุกรรมมาจากปาล์มน้ำมันเดลี ดูรา นำเมล็ดพันธุ์ลูกผสมของทุกคู่ผสมมาทำให้เมล็ดงอกและเพาะในถุงเพาะชำพร้อมกัน ระยะเวลารวมตั้งแต่เริ่มผสมพันธุ์จนได้กล้าปาล์มพร้อมปลูกลงแปลง ใช้เวลาประมาณ 2 ปี นำกล้าปาล์มอายุ 12 เดือน ของแต่ละคู่ผสม ปลูกในแปลงทดสอบเดียวกันที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2543 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) แต่ละคู่ผสมสุ่มปลูกจำนวน 18 ต้น ใช้ระยะปลูก 9 x 9 x 9 ม. (พื้นที่ 1 ไร่ ปลูกได้ประมาณ 22 ต้น) รอบแปลงทดสอบปลูกแถวควบคุม จำนวน 1 แถว รวมพื้นที่ทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง ประมาณ 16 ไร่

การบันทึกข้อมูล : จัดทำแผนผังการปลูกและให้หมายเลขต้นปาล์มทุกต้นที่ปลูกทดสอบ เมื่อปาล์มมีอายุประมาณ 3 ปีหลังจากปลูก เริ่มบันทึกข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ของทุกต้นที่ให้หมายเลขไว้ ได้แก่ ลักษณะสีผลขณะที่ยังไม่สุกแก่ และผลผลิตทะลาย โดยบันทึกน้ำหนักทะลายและจำนวนทะลายปาล์มทุกครั้งที่มีการเก็บเกี่ยวในแต่ละเดือน เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 6 ปี (มกราคม 2547 - ธันวาคม 2552) สำหรับคุณภาพทะลาย และลักษณะทางลำต้น บันทึกข้อมูลเมื่อปาล์มมีอายุ 8 ปี หลังจากปลูก โดยแต่ละคู่ผสมสุ่มเก็บตัวอย่างทะลาย จำนวน 8 ทะลาย เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทะลาย ตามวิธีการของ ธีระ และคณะ (2544ข) และสุ่มต้นปาล์มจำนวน 4 ต้น เพื่อบันทึกลักษณะทางลำต้น โดยเก็บตัวอย่างจากทางใบที่ 17 ตามวิธีการของ Hardon *et al.* (1969) ความสูงลำต้นวัดจากระดับพื้นดินถึงโคนใบที่ 17 และขนาดลำต้นวัดเป็นเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับเหนือพื้นดิน 1 ม.

การวิเคราะห์ข้อมูล : ข้อมูลลักษณะสีผลในลูกของแต่ละคู่ผสม นำมาทดสอบการกระจายตัวโดยใช้วิธีทดสอบไค-สแควร์ ส่วนข้อมูลค่าเฉลี่ยลักษณะทางการเกษตรนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 1) และประเมินอัตราพันธุกรรมโดยคำนวณจากค่าสังเกตแต่ละต้น (พีระศักดิ์, 2548 ; สมชัย และ พีระศักดิ์, 2546 ; Comstock and Robinson,1948, 1952) ดังนี้

Table 1 Analysis of variance for North Carolina Mating Design 1

Source	d.f.	MS	EMS
Pisifera (p)	p-1	MS_1	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{d/p} + rd\sigma^2_p$
Dura within pisifera (d/p)	p(d-1)	MS_2	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{d/p}$
Error	pd (r-1)	MS_3	σ^2_e

โดยที่ d.f. = degrees of freedom, MS = mean square, EMS = expected mean square

p = จำนวนต้นพ่อพิสิเฟอรา

d = จำนวนต้นแม่ดูราที่ผสมกับต้นพ่อพิสิเฟอราแต่ละต้น

r = จำนวนซ้ำ (จำนวนต้นปาล์มหรือตัวอย่างที่เก็บข้อมูลในลูกผสมเทเนอรา)

σ^2_p = ความแปรปรวนของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อ

$\sigma^2_{d/p}$ = ความแปรปรวนของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกัน

σ^2_e = ความแปรปรวนที่เกิดจากสภาพแวดล้อม

ภายใต้สมมติฐานต้นปาล์มที่ใช้ในการทดลองมีค่าสัมประสิทธิ์เลือดชิดเท่ากับ 0 (F = 0) และ ไม่มีอิทธิพลของ epistasis เกิดขึ้น

ดังนั้น σ^2_p = Cov (Half-sibs) = $^1/_4\,\sigma^2_A$

$\sigma^2_{d/p}$ = Cov (Full-sibs) – Cov (Half-sibs) = $^1/_4\,\sigma^2_A + {}^1/_4\,\sigma^2_D$

โดยที่ σ^2_A = ความแปรปรวนที่เกิดจากการแสดงออกของยีนแบบบวก (additive)

σ^2_D = ความแปรปรวนที่เกิดจากการแสดงออกของยีนแบบข่ม (dominant)

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (h^2_{ns}) ของลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา คำนวณได้ดังนี้

จาก $h^2_{ns} = \sigma^2_A / \sigma^2_{ph}$

ดังนั้น $h^2_{(p)} = 4\sigma^2_p / \sigma^2_{ph}$

$h^2_{(d/p)} = 4\sigma^2_{d/p} / \sigma^2_{ph}$

โดยที่ $h^2_{(p)}$ = อัตราพันธุกรรมที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อ

$h^2_{(d/p)}$ = อัตราพันธุกรรมที่เกิดจากอิทธิพลของต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกัน

σ^2_{ph} = ความแปรปรวนทั้งหมด = $\sigma^2_p + \sigma^2_{d/p} + \sigma^2_e$

ผลและวิจารณ์

การกระจายตัวของลักษณะสีผลปาล์ม

ผลการศึกษาการกระจายตัวและการทดสอบทางสถิติโดยวิธีไค-สแควร์ของลักษณะสีผลปาล์มในลูกของแต่ละคู่ผสม (ตารางที่ 2) พบว่า มีการกระจายตัวเป็นไปตามกฎของเมนเดล จากการใช้ต้นพ่อพิสิเฟอราผลสีดำผสมกับต้นแม่ดูราผลสีดำ พบว่า มี 3 คู่ผสม ที่ให้ต้นลูกผสมเทเนอราผลสีดำทุกต้น ส่วนอีก 6 คู่ผสม มีการกระจายตัวของต้นผลสีดำและต้นผลสีเขียว ในสัดส่วน 3 : 1 ตามลำดับ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ลักษณะผลสีดำถูกควบคุมด้วยยีนเด่นคู่เดียว (BB หรือ Bb) มีการแสดงออกของยีนแบบข่มสมบูรณ์ -โดยต้นพ่อพิสิเฟอราผลสีดำมียีนควบคุมอยู่ในรูปแบบเฮเทอโรไซโกต (Bb) (เหตุที่ทราบเพราะมีลูกผสม

ผลสีเขียวซึ่งเกิดจากยีนด้อย bb อยู่ด้วย) ในขณะที่ต้นแม่ดูราผลสีดำ (9 ต้น) มียีนควบคุมอยู่ในรูปฮอโมไซโกต (BB)จำนวน 3 ต้น และเฮเทอโรไซโกต (Bb) จำนวน 6 ต้น

จากการใช้ต้นพ่อพิสิเฟอราผลสีเขียว (bb) ผสมกับต้นแม่ดูราผลสีดำ พบว่า ทุกคู่ผสม (9 คู่ผสม) มีการกระจายตัวของต้นผลสีดำ และต้นผลสีเขียว ในสัดส่วน 1 : 1 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ลักษณะผลสีเขียวถูกควบคุมด้วยยีนด้อยคู่เดียว โดยต้นพ่อพิสิเฟอราผลสีเขียวที่ใช้ในการทดลองถูกควบคุมด้วยยีนด้อย (bb) ในขณะที่ต้นแม่ดูราผลสีดำ (9 ต้น) ที่ใช้ในการทดลองมียีนควบคุมลักษณะสีผลเป็นพันธุ์ทาง (Bb) ทั้งหมด

ผลการศึกษาในครั้งนี้ขัดแย้งกับผลการศึกษาในอดีตที่เคยรายงานไว้ว่าลักษณะสีผลถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ โดยผลสีดำถูกควบคุมด้วยยีนด้อย และ ผลสีเขียวถูกควบคุมด้วยยีนเด่น ซึ่งมีการแสดงออกของยีนแบบข่มสมบูรณ์ (Beirnaert and Vanderweyen , 1941 อ้างโดย Corley and Tinker, 2003 ; Hartley, 1988) รายงานดังกล่าวสรุปจากผลการทดลองในประเทศไนจีเรีย โดยได้ทดสอบการกระจายตัวของสีผลในลูกผสมจากสองชุดการทดลอง (Beirnaert and Vanderweyen, 1941 อ้างโดย Hartley, 1988) คือ ลูกที่ได้จากต้นแม่ผลสีเขียวที่เกิดจากการผสมแบบไม่มีการควบคุม (ผสมเปิด) พบว่า มีการกระจายตัวของผลสีดำ : ผลสีเขียว ในสัดส่วน 54% : 46% ตามลำดับ และ ลูกที่ได้จากการผสมระหว่างต้นพ่อ-แม่ผลสีเขียวและผลสีดำ จำนวน 14 คู่ผสม พบว่ามีเพียง 9 คู่ผสมที่ลูกมีการกระจายตัวของผลสีดำ : ผลสีเขียว ในสัดส่วน 46% : 54% ตามลำดับ ส่วนคู่ผสมอื่นอีก 5 คู่ผสม มีการกระจายตัวของสีผลไม่สอดคล้องกับผลที่ได้รับข้างต้น และตั้งข้อสันนิษฐานว่ามีสาเหตุมาจากการผสมข้ามที่ผิดพลาด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้ ที่มีการควบคุมการผสมระหว่างต้นพ่อ-แม่ที่สามารถอธิบายพันธุกรรมของลักษณะสีผลปาล์มได้ถูกต้องมากกว่า และมีผลการทดสอบการกระจายตัวของลักษณะสีผลในลูกสอดคล้องกับการกระจายตัวตามกฎของเมนเดลในทุกคู่ผสม

ค่าแฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อพิสิเฟอรา

ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร ในลูกผสมที่เกิดจากต้นพ่อพิสิเฟอราผลสีขียวและผลสีดำ พบว่า ลูกที่เกิดจากต้นพ่อผลสีเขียว มีค่าเฉลี่ยของทุกลักษณะสูงกว่าลูกที่เกิดจากต้นพ่อผลสีดำ (ตารางที่ 3) ลักษณะที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย %ผล/ทะลาย %เมล็ดใน/ทะลาย %เนื้อปาล์ม/ผล %กะลา/ผล %น้ำมัน/ทะลาย %น้ำมันเมล็ดใน/ทะลาย ความสูงลำต้น ขนาดโคนลำต้น ความยาวใบ และจำนวนใบย่อย จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใช้พ่อพันธุ์พิสิเฟอราผลสีเขียวผสมกับแม่พันธุ์ดูราผลสีดำทำให้เกิดความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) เทเนอราได้สูงกว่าการใช้พ่อพันธุ์พิสิเฟอราผลสีดำ ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากระยะห่างทางพันธุกรรม ระหว่างพ่อพันธุ์พิสิเฟอราผลสีเขียวกับแม่พันธุ์ดูราผลสีดำสูงกว่าพ่อพันธุ์พิสิเฟอราผลสีดำกับแม่พันธุ์ดูราผลสีดำ ทั้งนี้เนื่องจากทั้งพ่อพันธุ์พิสิเฟอราผลสีดำและแม่พันธุ์ดูราผลสีดำที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่มีฐานพันธุกรรมมาจากปาล์มน้ำมันเดลี ดูรา ซึ่งมีการปรับปรุงพันธุ์ในประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซียมาเป็นระยะเวลาน่านไม่น้อยกว่า 50 ปี (ธีระ, 2552) ส่วนพันธุกรรมของพ่อพันธุ์พิสิเฟอราผลสีเขียว ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา เช่น ประเทศซาอีร์และไนจีเรีย มีฐานพันธุกรรมมาจากปาล์มน้ำมันดูราแอฟริกัน และมีระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์สั้นกว่า (Hartley, 1988) ในประเทศไทยพันธุ์ลูกผสมเทเนอราที่ได้จากการใช้พ่อพันธุ์พิสิเฟอราผลสีเขียวผสมกับแม่พันธุ์ดูราผลสีดำ เช่น พันธุ์สุราษฎร์ธานี 1 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ลูกผสมที่ได้มักจะมีทั้งต้นปาล์มที่ให้ผลสีดำและสีเขียวปนกัน เนื่องจากต้นแม่ดูราที่ใช้มียีนควบคุมลักษณะสีผลเพียงคู่เดียวมีจีโนไทป์ BB หรือ Bb ตามที่กล่าวมาแล้ว

Table 2 Segregation of fruit color in oil palm progenies and chi-square test for genetical ratios

Crosses of parents		Segregation of progenies (plants/cross)		Chi-square test for genetical ratios	
Pisifera palms	Dura palms (all BF)	BF	GF	BF : GF = 3:1	BF:GF = 1:1
1 (BF)	1	16	2	1.85^{ns}	10.89**
	2	13	5	0.07^{ns}	3.56^{ns}
	3	15	3	0.67^{ns}	8.00**
	4	15	3	0.67^{ns}	8.00**
	5	16	2	1.85^{ns}	10,89**
	6	12	6	0.67^{ns}	2.00^{ns}
	Total	87	21	1,78^{ns}	40.33**
	7	18	0	-	-
	8	18	0	-	-
	9	18	0	-	-
	Total	54	0		
2 (GF)	10	12	6	0.67^{ns}	2.00^{ns}
	11	9	9	6.00*	0,00^{ns}
	12	10	8	3.63^{ns}	0.22^{ns}
	13	11	7	1.85^{ns}	0.89^{ns}
	14	8	10	8.96**	0.22^{ns}
	15	11	7	1.85^{ns}	0.89^{ns}
	16	9	9	6.00*	0.00^{ns}
	16	12	6	0.67^{ns}	2.00^{ns}
	18	10	8	3.63^{ns}	0.22^{ns}
	Total	92	70	31,19**	2.99^{ns}

Notes : BF = black unripe fruit (or nigrescens fruit), GF = green unripe fruit (or virescens fruit)

* and ** significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively , ns = not significant

ความแปรปรวนของลักษณะทางการเกษตรในลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อและต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกัน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันในลูกของคู่ผสมต่าง ๆ ที่มีความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อและอิทธิพลของต้นแม่ ภายในต้นพ่อเดียวกัน ได้แก่ผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย %ผล/ทะลาย %เนื้อปาล์ม/ผล ความสูงลำต้น และ จำนวนใบย่อย (ตารางที่ 4) ลักษณะที่มีความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อหรืออิทธิพลของต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกันอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ %เมล็ดใน/ทะลาย %กะลา/ผล %เมล็ดใน/ผล % น้ำมัน/ทะลาย, %น้ำมันเมล็ดใน/ทะลาย ขนาดลำต้น จำนวนใบ ความยาวใบ และความยาวใบย่อย สำหรับลักษณะอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Table 3 Mean agronomic characters as influenced by pisifera parents in oil palm progenies

Characters	Pisifera parents	
	Nigrescens fruit	Virescens fruit
Bunch yield		
FFB yield (kg/palm/year)	67.06b	82.26a
NB (no./palm/year)	11.14b	13.55a
SBW (kg/bunch)	6.04	6.09
Bunch qualities		
SFW (g)	11.20	11.63
SKW (g)	1.34	1.38
%F/B	64.86b	70.68a
%K/B	7.76b	8.62a
%M/F	76.91b	78.28a
%S/F	9.78b	10.84a
%K/F	11.94	12.26
%O/WM	46.00	46.10
%O/DM	85.54	85.73
%O/B	23.33b	25.07a
%KO/B	3.10b	3.52a
Vegetative characters		
Height (m)	2.08b	2.35a
Trunk size (m)	2.44b	2.67a
No. of leaves (no.)	30.37	30.94
Leaf length (m)	4.28b	4.44a
Leaflet length (cm)	59.64	61.44
Leaflet width (cm)	3.81	4.02
No. of leaflets (no.)	268.56b	280.61a
Leaf area (m^2)	2.95	3.03
Leaf dry matter (kg)	1.64	1.68

Notes : ^{a,b} Values in the same row followed by different letters are different at $P < 0.05$

FFB = fresh fruit bunch, NB = number of bunch, SBW = single bunch weight, SFW = single fruit weight, SKW = single kernel weight, F/B = fruit/bunch, K/B = kernel/bunch, M/F = mesocarp/fruit, S/F = shell/fruit, K/F = kernel/fruit, O/WM = oil/wet mesocarp, O/DM = oil/dry mesocarp, O/B = oil/bunch, KO/B = kernel oil/bunch

Table 4 Genetic variance components of agronomic characters estimated from pisifera (p) and dura/pisifera (d/p) components of oil palm progenies

Characters	MS			CV	EMS	
	p	d/p	error	(%)	σ^2_p	$\sigma^2_{d/p}$
d.f. for bunch yield	**1**	**16**	**306**			
FFB yield	18708.30**	5651.00**	855.00	39.16	80.60	266.44
NB	469.25**	112.87**	19.27	35.56	2.20	5.20
SBW	0.17	2.38	1.38	19.38	-0.01	0.06
d.f. for bunch qualities	**1**	**16**	**126**			
SFW	6.43	9.31	5.58	20.69	-0.04	0.47
SKW	0.04	0.13	0.08	20.55	0.00	0.01
%F/B	1017.02**	224.15**	83.41	13.48	11.01	17.59
%K/B	16.43**	4.2	2.68	20.00	0.17	0.19
%M/F	67.61**	30.71**	9.95	4.07	0.51	2.60
%S/F	20.16**	5.14	3.46	18.04	0.21	0.21
%K/F	3.56	7.44**	3.24	14.89	-0.05	0.53
%O/WM	0.54	21.31	13.31	7.93	-0.29	1.00
%O/DM	1.30	13.79	11.09	3.89	-0.17	0.34
%O/B	109.1**	22.05	16.10	16.58	1.21	0.74
%KO/B	3.16**	0.78	0.47	20.70	0.03	0.04
d.f. for vegetative characters	**1**	**16**	**54**			
Height	1.33**	0.29**	0.12	15.31	0.03	0.04
Trunk size	0.63*	0.22	0.14	14.52	0.01	0.02
No. of leaves	5.92	3.36*	1.76	4.33	0.07	0.40
Leaf length	0.45*	0.18	0.11	7.56	0.01	0.02
Leaflet length	58.14	47.47*	25.05	8.27	0.30	5.61
Leaflet width	0.02	0.21	0.13	9.33	-0.01	0.02
No. of leaflets	2616.06**	677.78*	326.35	6.58	53.84	87.86
Leaf area	0.11	0.38	0.25	16.53	-0.01	0.03
Leaf dry matter	0.03	0.13	0.07	16.38	0.00	0.02

Notes : * , ** significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively, CV = coefficient of variation

สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการทดลอง ของผลผลิตทะลาย มีค่าอยู่ระหว่าง 19-39% (ตารางที่ 4) โดยน้ำหนัก/ทะลายมีค่าต่ำสุด (19%) รองลงมา คือจำนวนทะลาย และผลผลิตทะลายสด มีค่า 36 และ 39% ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ที่ยอมรับได้ทางสถิติของพืชทั่วไป (น้อยกว่า 20%) สำหรับปาล์มน้ำมันค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 20-30% (Hartley, 1988) อย่างไรก็ตามเนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้น จึงมีปัจจัยหลายประการที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวมีค่า

Table 5 Genetic components and narrow-sense heritability of agronomic characters based on variation of pisifera (p) and dura/pisifera (d/p) oil palm

Characters	σ^2_{ph}	Genetic components		h^2_p	$h^2_{d/p}$
		$\sigma^2_{A(p)}$	$\sigma^2_{A(d/p)}$		
Bunch yield					
FFB yield	1202.04	322.40	1065.76	26.82	88.66
NB	26.67	8.80	20.80	33.00	77.99
SBW	1.43	-0.04	0.24	0.00	16.78
Bunch qualities					
SFW	6.01	-0.16	1.87	0.00	31.05
SKW	0.09	-0.01	0.03	0.00	29.41
%F/B	112.01	44.05	70.37	39.32	62.82
%K/B	3.04	0.68	0.76	22.35	25.00
%M/F	13.06	2.05	10.38	15.70	79.49
%S/F	3.88	0.83	0.84	21.51	21.66
%K/F	3.71	-0.22	2.10	0.00	56.59
%O/WM	14.02	-1.15	4.00	0.00	28.53
%O/DM	11.25	-0.69	1.35	0.00	12.00
%O/B	18.05	4.84	2.98	26.79	16.48
%KO/B	0.54	0.13	0.16	24.40	28.61
Vegetative characters					
Height	0.19	0.12	0.17	60.38	88.82
Trunk size	0.17	0.05	0.08	26.58	46.68
No. of leaves	2.23	0.28	1.60	12.75	71.71
Leaf length	0.14	0.03	0.07	22.22	51.85
Leaflet length	30.95	1.19	22.42	3.83	72.44
Leaflet width	0.14	-0.02	0.08	0.00	55.28
No. of leaflets	468.05	215.36	351.43	46.01	75.08
Leaf area	0.28	-0.03	0.13	0.00	47.27
Leaf dry matter	0.08	-0.01	0.06	0.00	72.97

Notes : σ^2_{ph} = phenotypic variance, $\sigma^2_{A(p)}$ = additive variance due to pisifera, $\sigma^2_{A(d/p)}$ = additive variance due to dura/pisifera, h^2_p = heritability due to pisifera, $h^2_{d/p}$ = heritability due to dura/pisifera, values showing negative estimate of heritability treated as zero

ความแปรปรวนสูงกว่าปกติ (อาจสูงถึง 70% ในบางการทดลอง) เช่น ความแตกต่างทางพันธุกรรม อายุการให้ผลผลิตของปาล์ม และสภาพแวดล้อม (ธีระพงศ์ และคณะ, 2538 ; Sparnaaij *et al.* 1963 ; Oboh and Fakorede, 1999 ; Corley and Tinker, 2003 ; Okwuagwu *et al.*, 2008 ; Okoye *et al.*, 2009) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลผลผลิต ซึ่งควรใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 4 ปี เนื่องจากการพัฒนาของช่อดอกทั้งเพศผู้และเพศเมียใช้ระยะเวลานานประมาณ 44 เดือน (ธีระ, 2552 ; Corley and Tinker, 2003) อนึ่งแผนการทดลองที่ใช้ (CRD) ก็มีส่วนทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูง เมื่อเปรียบเทียบกับแผนการทดลองอื่นๆ สำหรับลักษณะองค์ประกอบทะลาย และลักษณะทางลำต้นในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 4 - 21% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำและยอมรับได้ ผลการประเมินค่าคาดหวังความแปรปรวน พบว่า ลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกัน มีค่าความแปรปรวนของทุกลักษณะทางการเกษตรสูงกว่าลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อ ยกเว้นจำนวนใบ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Raffi *et al.* (2002) ยกเว้นบางลักษณะ เช่น น้ำหนัก/ทะลาย %เนื้อปาล์ม/ผล %กะลา/ผล และ %ผล/ทะลาย

อัตราพันธุกรรมอย่างแคบของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน

ความแปรปรวนทั้งหมด และความแปรปรวนที่เกิดจากการแสดงออกของยีนแบบบวกของลูก ที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อ และต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกัน แสดงในตารางที่ 5 ผลการประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ พบว่า อัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรต่างๆ ของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อมีค่าต่ำ (h^2 อยู่ระหว่าง 0 – 60%) และต่ำกว่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะเดียวกันที่เกิดจากอิทธิพลของต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกัน (h^2 อยู่ระหว่าง 12 – 89%) (ตารางที่ 5) ลักษณะที่น่าสนใจของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อที่มีอัตราพันธุกรรมสูงกว่าลักษณะอื่นๆ เช่น จำนวนทะลาย %ผล/ทะลาย ความสูงลำต้น และจำนวนใบย่อย มีค่า 33, 39, 60 และ 46% ตามลำดับ สำหรับลักษณะที่น่าสนใจที่เกิดจากอิทธิพลของต้นแม่ซึ่งมีอัตราพันธุกรรมปานกลางถึงสูง (h^2 มากกว่า 40%) ได้แก่ ผลผลิตทะลายสด (89%) จำนวนทะลาย (78%) %ผล/ทะลาย (63%) %เนื้อปาล์ม/ผล (79%) % เมล็ดใน/ผล (57%) และทุกลักษณะทางลำต้น (อยู่ระหว่าง 47 - 89%)

โดยทั่วไป ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ในปาล์มน้ำมัน จะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (Corley and Tinker, 2003) Raffi *et al.* (2002) รายงานว่า ลักษณะผลผลิตทะลาย คุณภาพทะลาย และลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา มีอัตราพันธุกรรมอย่างแคบแปรปรวนตั้งแต่ต่ำถึงสูง (h^2 อยู่ระหว่าง 0 – 100%) ขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูกทดลอง ในประชากรต่างๆ ของปาล์มน้ำมัน เช่น เดลี ดูรา ซึ่งผ่านการคัดเลือกมาหลายชั่วรุ่น จะมีฐานพันธุกรรมแคบ ทำให้ความแปรปรวนของยีนแบบบวกมีค่าต่ำ (Thomas *et al.*, 1969 ; Ooi *et al.*, 1973 ; Okwuagwu and Tai, 1995) ส่งผลให้อัตราพันธุกรรมอย่างแคบ ของลักษณะทางการเกษตรมีค่าต่ำด้วย การขยายฐานพันธุกรรมโดยการผสมข้ามระหว่างประชากรที่มีความแตกต่างกัน ทางพันธุกรรมจะช่วยเพิ่มความแปรปรวนของยีนแบบบวกให้สูงขึ้น (Okwuagwu, 1993) ซึ่งจะส่งผลให้อัตราพันธุกรรมอย่างแคบของลักษณะทางการเกษตรมีค่าสูงขึ้นด้วย และจะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือก เพื่อปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันในรอบต่อไป เนื่องจากอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ เป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญในการบ่งบอกถึงความก้าวหน้าในการคัดเลือกพันธุ์ ธีระและคณะ (2544ก) รายงานว่า ในประชากรเทเนอรา x เทเนอรา (ประชากรชั่วรุ่นที่ 2) มีการกระจายตัวของปาล์มน้ำมันแบบดูรา เทเนอรา และพิสิเฟอรา ในสัดส่วน 1 : 2 : 1 ตามลำดับ ปาล์มน้ำมันแต่ละแบบมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงปานกลาง (13 – 51%) และเสนอแนะว่า การคัดเลือกปาล์มน้ำมันแต่ละแบบ ควรพิจารณาจากลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมสูง เช่น ปาล์มน้ำมันแบบดูราและเทเนอราควรให้ความสำคัญอันดับแรกกับลักษณะ น้ำหนัก/ทะลาย (h^2 อยู่ระหว่าง 47 - 51%) ส่วนปาล์มน้ำมันแบบพิสิเฟอราควรให้ความสำคัญอันดับ

แรกกับลักษณะ จำนวนทะลาย (h^2 เท่ากับ 34%) แต่จากผลการทดลองครั้งนี้ พบว่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบในลูกผสมเทเนอราของลักษณะ น้ำหนัก/ทะลายมีค่าต่ำมาก (0 - 17%) แสดงให้เห็นว่า ลักษณะนี้อาจมีอิทธิพลของยีนแบบข่ม และ epistasis เข้ามาเกี่ยวข้องสูง

สรุป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า พันธุกรรมของลักษณะผลสีดำถูกควบคุมด้วยยีนเด่นคู่เดียว แบบข่มสมบูรณ์ และผลสีเขียวถูกควบคุมด้วยยีนด้อย ค่าเฉลี่ยของลักษณะส่วนใหญ่ทางการเกษตร ในลูกผสมที่เกิดจากต้นพ่อพิสิเฟอราผลสีเขียว ดีกว่าลูกผสมที่เกิดจากต้นพ่อพิสิเฟอราผลสีดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะทางการเกษตรในลูกผสมส่วนใหญ่ มีความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อันเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของต้นพ่อพิสิเฟอราและอิทธิพลของต้นแม่ดูรา ภายในต้นพ่อเดียวกัน อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง อัตราพันธุกรรมอย่างแคบของลักษณะทางการเกษตรของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อมีค่าต่ำ (h^2 อยู่ระหว่าง 0 – 60%) และต่ำกว่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะเดียวกันที่เกิดจากอิทธิพลของต้นแม่ภายในต้นพ่อเดียวกัน (h^2 อยู่ระหว่าง 12 – 89%) ลักษณะที่น่าสนใจของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นพ่อที่มีอัตราพันธุกรรมสูงกว่าลักษณะอื่นๆ เช่น จำนวนทะลาย %ผล/ทะลาย ความสูงลำต้น และจำนวนใบย่อย มีค่า 33, 39, 60 และ 46% ตามลำดับ สำหรับลักษณะที่น่าสนใจของลูกที่เกิดจากอิทธิพลของต้นแม่ซึ่งมีอัตราพันธุกรรมปานกลางถึงสูง (h^2 มากกว่า 40%) ได้แก่ ผลผลิตทะลายสด (89%) จำนวนทะลาย (78%) %ผล/ทะลาย (63%) %เนื้อปาล์ม/ผล (79%) %เมล็ดใน/ผล (57%) และทุกลักษณะทางลำต้น (อยู่ระหว่าง 47 - 89%) ลักษณะดังกล่าวนี้ควรนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงประชากรแม่พันธุ์ดูราและพ่อพันธุ์พิสิเฟอราในโครงการปรับปรุงพันธุ์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการพัฒนาบุคลากรและองค์ความรู้ด้านพันธุศาสตร์ในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน และ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูง ระยะที่ 1 และ 2

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. ปาล์มน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ดอกเบี้ย. กรุงเทพฯ. 188 น.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2528. การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ 7(4) : 471-479.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2552. ปาล์มน้ำมันและการปรับปรุงพันธุ์.ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา. 79 น.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, นิทัศน์ สองศรี,ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544ก. การกระจายตัว สหสัมพันธ์ และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ในลูกชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23 (ฉบับพิเศษปาล์มน้ำมัน) : 705-715.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, นิทัศน์ สองศรี,ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544ข. สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์เส้นทางและอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23 (ฉบับพิเศษปาล์มน้ำมัน) : 691-704.

ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2538. ความแปรปรวนในการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์. 17(3) : 251-259.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2548. พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม. 250 น. (โรเนียว)

สมชัย จันทร์สว่าง และพีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2546. พันธุศาสตร์ประชากร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 210 น.

อังคณา โชติวัฒนศักดิ์, ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และนิทัศน์ สองศรี. 2552. สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). ว. วิทย.กษ. 40(1) : 25 – 34.

Beirnaert, A. and R. Vanderweyen. 1941. Contribution a l' etude genetique et biometrique des varieties d' *Elaeis guineensis* Jacq. Publ.Inst . Nat. Etude Agron. Congo Belge, Ser. Sci. 27 : 1-101.

Blaak, G. 1970. Epistasis for crown disease in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Euphytica 19: 22-24.

Comstock, R.E. and H.F. Robinson. 1948. The components of genetic variance in population of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics 4 : 254-266.

Comstock, R.E. and H.F. Robinson. 1952. Estimation of Average Dominance of Genes. *In* : J.W. Gowen (*ed.*). Heterosis. Iowa State College Press, Iowa. p. 494-516.

Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. The Oil Palm. 4th ed. Blackwell Publishing, Inc., USA. 562 p.

Hardon, J.J., C.N. Williams and I. Watson. 1969. Leaf area and yield in the oil palm in Malaya. Expl. Agric. 5 ; 25-32.

Harltey C.W.S. 1988. The Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq). 3rd ed., Longman, London. 761 p.

Oboh, B.O. and M.A.B. Fakorede. 1999. Effects of weather on yield components of the oil palm in a forest location in Nigeria. J. Oil Palm Res. 11(2) : 79-89.

Okoye, M.N., C.O. Okwuagwu and M.I. Uguru. 2009. Population improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Am-Euras. J. of Sci. Res. 4(2) : 59-63.

Okwuagwu, C.O., M.N. Okoye, E.C. Okolo, C.D. Ataga and M.I. Uguru. 2008. Genetic variability of fresh fruit bunch yield in Deli/dura x tenera breeding populations of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Nigeria. J. Trop. Agric. 46(1-2) : 52-57.

Okwuagwu, C.O. and G.C.C. Tai. 1995. Estimation of variance components and heritability of bunch yield and yield components in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Plant Breeding 114: 463-465.

Ooi, S. C., J.J. Hardon and S. Phang. 1973. Variability in the Deli dura breeding population of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. Components of bunch yield. Malaysian Agric. J. 49 : 112-119.

Raffi, M.Y., N. Rajanaidu, B.S. Jalani and A. Kushairi. 2002. Performance and heritability estimations on oil palm progenies tested in different environments. J. Oil Palm Res. 14(1) : 15-24.

Sparnaaij, L.D., A.R. Ree and L.C. Chapas. 1963. Annual yield variation in oil palm. J. West Afri. Inst. for Oil Palm Res. 4 : 111-125.

Soh, A.C., G. Wong, T.Y. Hor, C.C. Tan and P.S. Chew. 2003. Oil Palm Genetic Improvement. In : J. Janick (*ed.*). Plant Breeding Reviews. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey. p. 165-219.

Thomas, R.L., I. Watson and J.J. Hardon. 1969. Inheritance of some components of yield in the Deli dura variety of oil palm. Euphytica 18: 92-100.

อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร ในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

Heritability and Correlations of Agronomic Characters in Tenera Oil Palm Hybrid

วสะพงศ์ เอกสมทราเมษฐ์[1/] *และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์*[1/, 2/]

Wasapong Eksomtramage[1/] *and Theera Eksomtramage*[1/, 2/]

Abstract: The objective of this study was to estimate the heritabilities of agronomic characters (oil yield, bunch yield and its components and vegetative characters) and the correlations of their traits in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Nine half-sib progenies of eight years old tenera hybrid which were derived from the crossing between one pisifera and nine dura parents were studies during the period of January 2007 to December 2008 at the Klong Hoi Khong Research Station, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Thailand. Eight palm samples per progeny according to a completely randomized design were used to record the characters. The variance analyses of progenies showed that fresh fruit bunch (FFB) yield, number of bunch (NB), fruit/bunch (F/B), kernel/bunch (K/B), oil/wet mesocarp (O/WM), trunk size, leaf area and leaf dry matter weight were significantly difference. These characters had medium to high heritabilities varied between 51 to 100% and had significantly positive correlations with oil yield. So selections for such traits are useful for oil yield improvement in oil palm.

Keywords: Oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq., heritability, correlation, agronomic characters

---

[1/] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

[1/] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand

[2/] Corresponding author : theera.e@psu.ac.th

วารสารเกษตร 26(3): 231-239 (2553)

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณการอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร (ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายและลักษณะทางลำต้น) และสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดังกล่าวในปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) โดยทำการศึกษากับปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 8 ปี จำนวน 9 คู่ผสม ซึ่งได้จากการผสมระหว่างต้นพ่อพิสิเฟอราต้นเดียวกับต้นแม่ดูราที่แตกต่างกัน จำนวน 9 ต้น ปลูกที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) แต่ละคู่ผสมทำการสุ่มต้น จำนวน 8 ต้น เพื่อบันทึกข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ทางการเกษตรเป็นเวลา 2 ปี (มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2552) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าลักษณะที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ ผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย ผลต่อทะลาย เมล็ดในต่อทะลาย น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด ขนาดลำต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ ลักษณะเหล่านี้มีค่าอัตราพันธุกรรมปานกลางถึงสูง อยู่ระหว่าง 51 ถึง 100% และมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตน้ำมัน ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะดังกล่าวจึงมีประโยชน์ต่อการปรับปรุงผลผลิตน้ำมันในปาล์มน้ำมัน

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน *Elaeis guineensis* Jacq. อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ ลักษณะทางการเกษตร

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชน้ำมันประเภทยืนต้นที่มีโครงสร้างพื้นฐานทางพันธุกรรมในรูปเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) เนื่องจากเป็นพืชผสมข้ามที่มีช่อดอกเพศผู้และเมียอยู่บนต้นเดียวกันแต่ดอกในช่อดอกทั้งสองบานไม่พร้อมกัน (monoecious plant) พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่นิยมใช้ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันเป็นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา (tenera) ซึ่งได้จากการควบคุมการผสมระหว่างแม่พันธุ์ดูรา (dura) กับพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา (pisifera) เนื่องจากปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราจะให้ผลผลิตน้ำมันสูงกว่าปาล์มน้ำมันชนิดอื่น ๆ (ธีระ, 2552 ; Kushairi and Rajanaidu, 2000 ; Corley and Tinker, 2003) การปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือกลักษณะทางการเกษตรที่ดีเพื่อปรับปรุงประชากรดูราและพิสิเฟอราที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกผสมเทเนอราให้มีศักยภาพสูงจึงมีความสำคัญ เนื่องจากลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่เป็นลักษณะเชิงปริมาณ (Corley and Tinker, 2003) เช่น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลายและองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางลำต้น ซึ่งมียีนควบคุมจำนวนมาก (polygenic gene) จึงมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูง รวมทั้งมีอิทธิพลของปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์เพื่อพัฒนาประชากรปาล์มน้ำมันในลักษณะดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการประเมินอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ จากเชื้อพันธุกรรมที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อมของไทย รวมทั้งการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาในการคัดเลือก

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราพันธุกรรมอย่างแคบและสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันโดยการทดสอบในรุ่นลูกของลูกผสมเทเนอราที่ได้จากการผสมระหว่างต้นพ่อพิสิเฟอราต้นเดียวกับต้นแม่ดูราที่แตกต่างกัน (half-sib progenies of tenera hybrid) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะนำมาใช้ในการคัดเลือกต้นแม่ดูราเพื่อปรับปรุงประชากรในรอบต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษากับปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 8 ปี จำนวน 9 คู่ผสม ซึ่งปลูกที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้แผนการผสมแบบ one-factor design (Bernardo, 2002) แต่ละคู่ผสมได้จากต้นพ่อพิสิเฟอราต้น

เดียวผสมกับต้นแม่ดูราที่แตกต่างกัน จำนวน 9 ต้น และมีระยะปลูก 9 x 9 x 9 เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยแต่ละคู่ผสมทำการสุ่มและให้หมายเลขต้นปาล์ม จำนวน 8 ต้น (ซ้ำ) เพื่อใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลลักษณะผลผลิตทะลาย ได้แก่ผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเฉลี่ย เป็นระยะเวลาติดต่อกันนาน 2 ปี (มกราคม 2551 ถึง ธันวาคม 2552) ลักษณะองค์ประกอบทะลาย ได้แก่ น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ดในผลต่อทะลาย เมล็ดในต่อทะลาย เนื้อปาล์มสดต่อผลทะลาต่อผล เมล็ดในต่อผล น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง น้ำมันต่อผล และ น้ำมันต่อทะลาย โดยเก็บตัวอย่างทะลายปาล์มจากทุกต้นที่สุ่มไว้ต้นละ 1 ทะลาย นำมาวิเคราะห์ตามวิธีการของ ธีระ และคณะ (2544ข) และ ลักษณะทางลำต้น บันทึกข้อมูลจากต้นปาล์มทุกต้นที่สุ่มไว้ โดยเก็บตัวอย่างจากใบที่ 17 ตามวิธีการของ Hardon *et al.* (1969) เพื่อบันทึกลักษณะของใบ ความสูงลำต้นวัดจากระดับพื้นดินถึงโคนใบที่ 17 และขนาดลำต้นวัดเป็นเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับเหนือพื้นดิน 1 เมตร ข้อมูลค่าเฉลี่ยลักษณะที่บันทึกไว้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 1) ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (Bernardo, 2002) และประเมินอัตราพันธุกรรม (พีระศักดิ์, 2548 ; สมชัย และ พีระศักดิ์, 2546) ดังนี้

โดยที่ d.f. = degrees of freedom, MS = mean square, EMS = expected mean square

n = จำนวนลูกผสมเทเนอราที่ได้จากต้นพ่อพิสิเฟอราต้นเดียวผสมกับต้นแม่ดูราที่แตกต่างกัน

r = จำนวนซ้ำ (จำนวนต้นปาล์มหรือตัวอย่างที่เก็บข้อมูล)

σ^2_g = ความแปรปรวนของลูกผสมเทเนอราที่ได้จากต้นพ่อพิสิเฟอราเดียวกัน แต่ต้นแม่ดูราต่างกัน = $(MS_1-MS_2)/r$

σ^2_e = ความแปรปรวนที่เกิดจากสภาพแวดล้อม

ภายใต้สมมุติฐานที่ต้นปาล์มที่ใช้ในการทดลองมีค่าสัมประสิทธิ์เลือดชิดเท่ากับ 0 (F = 0) และไม่มีอิทธิพลของ epistasis เกิดขึ้น (Bernardo, 2002)

ดังนั้น $\sigma^2_g = \sigma^2_{half\text{-}sibs} = Cov_{half\text{-}sibs} = {}^1/_4\sigma^2_A$

โดยที่ σ^2_A = ความแปรปรวนที่เกิดจากการแสดงออกของยีนแบบบวก (additive)

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (narrow sense heritability, h^2_{ns}) ของลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา ทำได้ดังนี้

จาก $h^2_{ns} = \sigma^2_A / \sigma^2_{ph}$

ดังนั้น $h^2_{ns} = 4\sigma^2_g / \sigma^2_{ph}$

โดยที่ σ^2_{ph} = ความแปรปรวนทั้งหมด $= \sigma^2_g + \sigma^2_e$

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่ศึกษา สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$R = \frac{\Sigma(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\sqrt{\Sigma(X_i-\bar{X})^2(Y_i-\bar{Y})^2}}$$

โดยที่ R = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ X และ Y,

X_i = ตัวแปรของลักษณะ X ของตัวอย่างที่ i (i = 1, 2, 3...n)

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะ X

Y_i = ตัวแปรของลักษณะ Y ของตัวอย่างที่ i (i = 1, 2, 3...n)

$\bar{Y}$ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะ Y

Table 1 Analysis of variance for agronomic characters

Source	d.f.	MS	EMS
Half-sib progenies of tenera	n-1	MS_1	$\sigma^2_e + r\sigma^2_g$
Error	r (n-1)	MS_2	σ^2_e

ผลการทดลองและวิจารณ์

ค่าเฉลี่ยทั้งหมดและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันแสดงในตารางที่ 2 พบว่าลักษณะที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ ผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย %ผลต่อทะลาย %เมล็ดในต่อทะลาย %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด ขนาดลำต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ ลักษณะเหล่านี้มีค่าประมาณการอัตราพันธุกรรมอย่างแคบระดับปานกลางถึงสูง (h^2 อยู่ระหว่าง 51 ถึง 100%) คือ 71, 72, 51, 54, 57, 100, 100 และ 78% ตามลำดับ ซึ่งมีสาเหตุมาจากอิทธิพลความแปรปรวนเนื่องจากยีนแบบบวกสูง แสดงให้เห็นว่าต้นแม่ดูรามีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของยีนแบบบวกในลักษณะดังกล่าวสูงด้วย การคัดเลือกต้นดูราที่ดีเพื่อปรับปรุงประชากรดูรารอบใหม่โดยพิจารณาจากลักษณะดังกล่าวด้วยการผสมตัวเองหรือผสมข้ามระหว่างต้นดูราจะทำให้มีความก้าวหน้าในการปรับปรุงประชากรสูง สำหรับลักษณะอื่น ๆ ส่วนใหญ่ที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ พบว่ามีค่าประมาณการอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 อยู่ระหว่าง 7 ถึง 48%) ได้แก่ผลผลิตน้ำมัน น้ำหนักทะลายเฉลี่ย น้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย %เนื้อปาล์มสดต่อผล %กะลาต่อผล %เมล็ดในต่อผล %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง %น้ำมันต่อผล %น้ำมันต่อทะลาย ความสูง และความยาวใบ ซึ่งมีสาเหตุมาจากอิทธิพลความแปรปรวนเนื่องจากยีนแบบบวกต่ำ แสดงให้เห็นว่าต้นแม่ดูรามีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของยีนแบบบวกในลักษณะดังกล่าวต่ำด้วย จึงไม่ควรใช้ลักษณะดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกต้นดูราเพื่อปรับปรุงประชากรดูรารอบใหม่ Corley and Tinker (2003) รายงานว่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะเชิงปริมาณในปาล์มน้ำมัน เช่นผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลายและองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางลำต้นโดยทั่วไปมีค่าต่ำเนื่องจากลักษณะดังกล่าวมียีนควบคุมจำนวนมากและมีอิทธิพลสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูง อย่างไรก็ตามอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวอาจแปรปรวนได้ตั้งแต่ต่ำถึงสูง (h^2 อยู่ระหว่าง 0 – 100%) ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (Raffi *et al.*, 2002) ในปาล์มน้ำมันเดลี ดูรา ซึ่งมีฐานพันธุกรรมของประชากรแคบและมีความแปรปรวนของยีนแบบบวกต่ำ ส่งผลให้ความแปรปรวนของผลผลิตในประชากรต่ำ (Thomas *et al.*, 1969 ; Ooi *et al.*, 1973 ; Hartley, 1988 ; Okwuagwu and Tai, 1995) การผสมข้ามระหว่างเดลี ดูราจากโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ที่แตกต่างกัน หรือผสมระหว่างเดลี ดูรากับแอฟริกันดูรา สามารถเพิ่มความแปรปรวนของยีนแบบบวกของลักษณะผลผลิตสูงขึ้น การเปรียบเทียบในรุ่นลูกเทเนอราที่เกิดจากเดลี ดูราผสมกับพิสิเฟอรา พบว่ามีเฮเทอโรซีส (heterosis) เกิดขึ้นในลักษณะผลผลิตน้ำมัน (Corley and Tinker, 2003)

ลักษณะผลผลิตทะลายที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกสูงกับผลผลิตน้ำมัน คือ ผลผลิตทะลายสด และจำนวนทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์ (R) 0.771 และ 0.574 ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักทะลายเฉลี่ยไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำมัน (ตารางที่ 3) โดยผลผลิตทะลายสดมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับจำนวนทะลายสูง (R = 0.754) และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (R = 0.282) แต่จำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (R = -0.395) แสดงว่าจำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเฉลี่ยเป็นอิสระต่อกันและมีอิทธิพลของการแข่งขันในการใช้สารอาหารจากการสังเคราะห์แสงของใบที่ขดเขยกัน ความสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาที่เคยรายงานมาก่อน (ธีระพงศ์ และคณะ 2538 ; ธีระ และคณะ 2544ก,ข ; อังคณา และคณะ, 2552 ; ธีรภาพ และธีระ, 2553 ; Obisesan and Fatunla, 1982 ; Okwuagwu *et al.*, 2008 ; Okoye *et al.*, 2009) จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าจำนวนทะลายเป็นลักษณะสำคัญที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากมีสหสัมพันธ์ทางบวกสูงทั้งกับผลผลิตทะลายและผลผลิตน้ำมัน นอกจากนี้จำนวนทะลายยังเป็นลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมสูงกว่าลักษณะอื่น ๆ (h^2 = 72%) อย่างไรก็ตามเนื่องจากจำนวนทะลายไม่มีสหสัมพันธ์กับลักษณะอื่นในกลุ่มองค์ประกอบทะลาย ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพจึงควรมีการพิจารณาลักษณะในกลุ่มองค์ประกอบทะลายร่วมด้วย

Table 2 Overall means, analysis of variance and narrow sense heritabilities (h^2_{ns}) of oil yield, bunch yield, bunch components and vegetative characters of oil palm

Characters	Overall means ±SE [1]	MS		CV [2] (%)	h^2_{ns}
		Progenies	Error		
d.f.		8	63		
Oil yield (kg/palm/year)	46.31 ± 1.65	220.32	192.33	29.95	7.15
Bunch yield [3]					
FFB (kg/palm/year)	151.03 ± 4.37	3131.11*	1151.97	22.47	70.72
NB (no./year)	11.77 ± 0.34	19.45*	7.03	22.52	72.38
SBW (kg/bunch)	13.07 ± 0.29	7.14	5.77	18.39	11.52
Bunch components [4]					
AFW (g)	15.90 ± 0.44	19.14	13.57	23.17	19.53
AKW (g)	1.15 ± 0.03	0.11	0.07	22.97	29.47
%F/B	70.16 ± 0.95	125.26*	57.55	10.81	51.29
%K/B	6.04 ± 0.27	10.13*	4.53	35.26	53.52
%WM/F	83.99 ± 0.65	34.26	29.42	6.46	8.05
%S/F	9.51 ± 0.52	23.73	18.51	45.26	13.61
%K/F	8.52 ± 0.32	11.76	6.68	30.36	34.68
%O/WM	52.36 ± 0.81	95.61*	41.28	12.27	56.50
%O/DM	77.36 ± 0.56	9.30	24.29	6.37	0.00
%O/F	44.10 ± 0.84	84.89	46.39	15.45	37.60
%O/B	30.85 ± 0.67	40.97	31.51	18.19	14.48
Vegetative characters					
Height (m)	2.55 ± 0.05	0.21	0.14	14.64	25.18
Trunk size (m)	2.39 ± 0.03	0.20**	0.04	8.73	100.00
leaf length (m)	4.46 ± 0.04	0.20	0.09	6.89	47.84
Leaf area (m^2)	3.10 ± 0.06	0.80**	0.15	12.55	100.00
Leaf dry weight (kg)	1.75 ± 0.03	0.17**	0.06	13.82	77.53

Notes : *, ** significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively,

[1] mean from 9 half-sib progenies of tenera hybrid and standard error (SE), [2] CV = coefficient of variation, [3] FFB = fresh fruit bunch yield, NB = number of bunch, SBW = single bunch weight, [4] AFW = average fruit weight, AKW = average kernel weight, F/B = fruit/bunch, K/B = kernel/bunch, WM/F = wet mesocarp/fruit, S/F = shell/fruit, K/F = kernel/fruit, O/WM = oil/wet mesocarp, O/DM = oil/dry mesocarp, O/F = oil/fruit, O/B = oil/bunch

Values showing negative and > 100% estimates of heritability were treated as zero and 100%, respectively

ลักษณะองค์ประกอบทะลายที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตน้ำมัน คือ %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง %น้ำมันต่อผล และ %น้ำมันต่อทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์ 0.504, 0.293, 0.444 และ 0.531 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ลักษณะดังกล่าวมีสหสัมพันธ์ทางบวกซึ่งกันและกันสูง (R อยู่ระหว่าง 0.482 ถึง 0.929) แต่มีสหสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับ %เมล็ดในต่อทะลาย %กะลาต่อผล และ %เมล็ดในต่อผล โดยเฉพาะกับ%น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด %น้ำมันต่อผล และ%น้ำมันต่อทะลาย (R อยู่ระหว่าง -0.269 ถึง -0.745) สอดคล้องกับรายงานของ Okoye *et al.* (2009) ลักษณะองค์ประกอบทะลายอื่น ๆ ที่ไม่มีสหสัมพันธ์โดยตรงกับผลผลิตน้ำมัน คือน้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย %ผลต่อทะลาย %เมล็ดในต่อทะลาย %เนื้อปาล์มสดต่อผล %กะลาต่อผล และ %เมล็ดในต่อผล แต่มีสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในทางบวกหรือลบอย่างมีนัยสำคัญขึ้นอยู่กับคู่ของลักษณะ เช่น น้ำหนักผลเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย %เนื้อปาล์มสดต่อผล %น้ำมันต่อผล และ %น้ำมันต่อทะลาย แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับ %เมล็ดในต่อทะลาย %กะลาต่อผล และ %เมล็ดในต่อผล เป็นต้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบทะลายร่วมกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะแล้ว พบว่าลักษณะสำคัญที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน คือ %ผลต่อทะลาย (h^2 = 51%) %เมล็ดในต่อทะลาย (h^2 = 54%) และ %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด (h^2 = 57%) โดยควรทำการคัดเลือกต้นที่มี %ผลต่อทะลาย และ %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดสูง และ %เมล็ดในต่อทะลายต่ำ

ลักษณะทางลำต้นส่วนใหญ่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตน้ำมัน ได้แก่ ขนาดลำต้น ความยาวใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ มีค่าสัมประสิทธิ์ 0.430, 0.393, 0.362 และ 0.410 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ยกเว้นความสูง ผลผลิตทะลายสดมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะดังกล่าวเช่นกัน (R อยู่ระหว่าง 0.309 ถึง 0.447) จำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับขนาดลำต้น และความยาวใบ (R = 0.250 และ 0.246 ตามลำดับ) และน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความยาวใบและน้ำหนักแห้งใบ (R = 0.278 และ 0.333 ตามลำดับ) สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ทางลำต้น พบว่าทุกลักษณะมีความสัมพันธ์ทางบวกซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับรายงานของธีรภาพ และธีระ (2553) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางลำต้นในทางบวกเหล่านี้บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในกระบวนการสร้างอาหารจากการสังเคราะห์แสงของใบ การใช้และการสะสมอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน (Corley and Tinker, 2003) และลักษณะดังกล่าวสามารถประเมินได้โดยไม่ต้องทำลายต้นปาล์ม จากการศึกษานี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางลำต้นร่วมกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะแล้ว พบว่าลักษณะสำคัญที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน คือ ขนาดลำต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบเนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีอัตราพันธุกรรมสูง (h^2 = 78 - 100%) และมีสหสัมพันธ์ทางบวกสูงกับผลผลิตน้ำมันและผลผลิตทะลายสด

สรุป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลายและองค์ประกอบผลผลิตส่วนใหญ่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 = 0 -35%) แต่ลักษณะทางลำต้นส่วนใหญ่มีอัตราพันธุกรรมสูง (h^2 = 78 - 100%) ลักษณะสำคัญที่มีอัตราพันธุกรรมปานกลางถึงสูง (h^2 >50%) และมีสหสัมพันธ์ในทางบวกสูงกับผลผลิตน้ำมันและผลผลิตทะลายสด ได้แก่ จำนวนทะลาย %ผลต่อทะลาย %เมล็ดในต่อทะลาย %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด ขนาดลำต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ ลักษณะเหล่านี้ควรนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตทะลายและผลผลิตน้ำมันสูง

Table 3 Correlation coefficients among oil yield, bunch yield and its components of oil palm

Characters	Oil	Bunch yield [1]			Bunch components [2]									
		FFB	NB	SBW	AFW	AKW	F/B	K/B	WM/F	S/F	K/F	O/WM	O/DM	O/F
FFB	0.771**	-												
NB	0.574**	0.754**	-											
SBW	0.203	0.282*	-0.395**	-										
AFW	0.093	-0.085	-0.070	0.009	-									
AKW	0.002	0.070	0.172	-0.135	0.277	-								
F/B	0.228	-0.070	-0.062	-0.051	-0.180	0.156	-							
K/B	-0.118	0.064	0.069	-0.031	-0.507**	0.493**	0.551**	-						
WM/F	0.092	-0.193	-0.230	0.085	0.646**	-0.338**	-0.329**	-0.827**	-					
S/F	-0.179	0.150	0.130	-0.015	-0.560**	0.165	0.340**	0.732**	-0.883**	-				
K/F	-0.204	0.102	0.123	-0.044	-0.520**	0.528**	0.291*	0.954**	-0.836**	0.722**	-			
O/WM	0.504**	-0.009	0.017	-0.064	0.161	-0.091	-0.032	-0.417**	0.314**	-0.507**	-0.460**	-		
O/DM	0.293*	-0.031	-0.106	0.058	-0.004	-0.035	0.093	-0.077	0.087	-0.066	-0.095	0.544**	--	
O/F	0.444**	-0.084	-0.088	-0.002	0.387**	-0.198	-0.146	0.652**	0.640**	-0.745**	-0.692**	0.929**	0.491**	-
O/B	0.531**	-0.117	-0.099	-0.057	0.251*	-0.082	0.465**	-0.269*	0.385**	-0.467**	-0.458**	0.805**	0.482**	0.804**

Notes : *,** Correlations significant at P≤ 0.05 and 0.01, respectively

[1] FFB = fresh fruit bunch yield, NB = number of bunch, SBW = single bunch weight, [2] AFW = average fruit weight, AKW = average kernel weight, F/B = fruit/bunch, K/B = kernel/bunch, WM/F = wet mesocarp/fruit, S/F = shell/fruit, K/F = kernel/fruit, O/WM = oil/wet mesocarp, O/DM = oil/dry mesocarp, O/F = oil/fruit, O/B = oil/bunch

Table 4 Correlation coefficients among oil yield, bunch yield and vegetative characters of oil palm

Characters	Oil yield	Bunch yield [1]			Vegetative characters			
		FFB	NB	SBW	Height	Trunk	Leaf	Leaf area
Height	0.165	0.215	0.057	0.205	-			
Trunk size	0.430**	0.341**	0.250*	0.159	0.020	-		
leaf length	0.393**	0.447**	0.246*	0.278*	0.454**	0.148	-	
Leaf area	0.362**	0.309**	0.164	0.199	0.254*	0.315**	0.419**	-
Leaf dry	0.410**	0.419**	0.163	0.333**	0.447**	0.321**	0.699**	0.529**

Notes : *,** Correlations significant at P< 0.05 and 0.01, respectively

[1] FFB = fresh fruit bunch yield, NB = number of bunch, SBW = single bunch weight

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) บัณฑิตวิทยาลัย และ สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2552. ปาล์มน้ำมันและการปรับปรุงพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 79 หน้า.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ นิทัศน์ สองศรี ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544ก. การกระจายตัว สหสัมพันธ์ และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ในลูกชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23 (ฉบับพิเศษปาล์มน้ำมัน) : 705-715.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ นิทัศน์ สองศรี ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544ข. สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์เส้นทางและอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23 (ฉบับพิเศษปาล์มน้ำมัน) : 691-704.

ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ ชัยรัตน์ นิลนนท์ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2538. ความแปรปรวนในการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์. 17(3) : 251-259.

ธีรภาพ แก้วประดับ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2553. สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันดูรา. ว. เกษตรพระจอมเกล้า. 28(1) : 41-48.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2548. พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม. 250 หน้า. (โรเนียว)

สมชัย จันทร์สว่าง และพีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2546. พันธุศาสตร์ประชากร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 210 หน้า.

อังคณา โชติวัฒนศักดิ์ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และนิทัศน์ สองศรี. 2552. สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). ว. วิทย.กษ. 40(1) : 25 – 34.

Bernardo, R. 2002. Breeding for Quantitative Traits in Plants. Stemma Press, Minnesota. 369 p.

Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. The Oil Palm. 4th ed. Blackwell Publishing, Inc., USA. 562 p.

Hardon, J.J., C.N. Williams and I. Watson. 1969. Leaf area and yield in the oil pam in Malaya. Expl. Agric. 5 : 25-32.

Hartley C.W.S. 1988. The Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq). 3rd ed., Longman, London. 761 p.

Kushairi, A. and N. Rajanaidu. 2000. Breeding populations, seed production and nursery management. pp. 39-96. *In* : Y. Basiron, B.S. Jalani and K.W. Chan (eds.). Advances in oil palm research, Vol. I. Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur.

Obisesan, I.O. and T. Fatunla. 1982. Heritability of fresh fruit bunch yield and its components in the oil palm (*Elaeis guineenis* Jacq.). Theor. Appl. Genet. 64 : 65-68.

Okoye, M.N., C. O. Okwuagwu and M.I. Uguru. 2009. Population improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Am-Euras. J. Sci. Res. 4(2) : 59-63.

Okwuagwu, C.O., M.N. Okoye, E.C. Okolo, C.D. variability of fresh fruit bunch yield in Deli/dura x tenera breeding populations of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Nigeria. J. Trop. Agric. 46(1-2) : 52-57.

Okwuagwu, C.O. and G.C.C. Tai. 1995. Estimation of variance components and heritability of bunch yield and yield components in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Plant Breeding 114 : 463-465.

Ooi, S. C., J.J. Hardon and S. Phang. 1973. Variability in the Deli dura breeding population of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. Components of bunch yield. Malaysian Agric. J. 49 : 112-119.

Raffi, M.Y., N. Rajanaidu, B.S. Jalani and A. Kushairi. 2002. Performance and heritability estimations on oil palm progenies tested in different environments. J. Oil Palm Res. 14(1) : 15-24.

Thomas, R.L., I. Watson and J.J. Hardon. 1969. Inheritance of some components of yield in the Deli dura variety of oil palm. Euphytica 18 : 92-100.

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 28:1 (41-48)

สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันดูรา

Correlation and Heritability of Agronomic Characters in Dura Oil Palm Populations

ธีรภาพ แก้วประดับ[1] และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสหสัมพันธ์ และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันดูรา โดยได้ทำทดลองกับประชากรปาล์มน้ำมันดูราผสมตัวเองอายุ 3 ปี จำนวน 4 ประชากร ซึ่งได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แต่ละประชากรทำการสุ่ม ต้นไว้จำนวน 15 ต้น (ซ้ำ) แต่ละต้นทำการเก็บบันทึกข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต และผลผลิตทะลาย

ผลการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรต่าง ๆ ทุกลักษณะของประชากรดูรา 4 ประชากรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในจำนวนนี้มีเพียง 1 ประชากรที่มีค่าเฉลี่ยลักษณะการเจริญเติบโตและจำนวนทะลายสูงกว่าประชากรอื่น ๆ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ของลักษณะต่าง ๆ ส่วนใหญ่มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกที่สูง ยกเว้นลักษณะจำนวนทะลายและน้ำหนัก/ทะลายมีค่าสหสัมพันธ์ทั้งทางทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ในทางลบ โดยทั่วไปพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ในทางบวกของลักษณะต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะเดียวกัน ลักษณะ ที่มีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์สูงกับลักษณะจำนวนทะลาย/ต้น/ปี ได้แก่ ความกว้างใบ ความหนาทางใบ ความยาวทางใบ ความสูง และขนาดลำต้น ส่วนลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์สูงกับลักษณะน้ำหนัก/ทะลาย คือความยาวใบย่อย อัตราพันธุกรรมในลักษณะต่าง ๆ ทางการเกษตรในประชากรดูราผสมตัวเองพบว่ามีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (h^2 อยู่ระหว่าง 0.17–0.67) ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมระดับปานกลาง (h^2 อยู่ระหว่าง 0.56– 0.67) คือ ความกว้างทางใบ ความยาวทางใบ และความสูง

คำสำคัญ : ปาล์มน้ำมัน ลักษณะทางการเกษตร สหสัมพันธ์ อัตราพันธุกรรม

Abstract

This study aimed to evaluate the correlations and heritabilities of agronomic characters in dura oil palm populations. Four selfed dura populations with 3 year old derived from oil palm breeding programme at Faculty of Natural Ressources, Price of Songklal University were used in the trial. The completely randomized design with 15 palms (replications) per population was used. Each randomized palm was recorded for agronomic characters (vegetative growth and bunch yield).

[1] นักศึกษาปริญญาโท วท. ม. สาขาวิชาพืชศาสตร์

[2] Ph. D. (Plant Breeding) รองศาสตราจารย์ ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

The results showed that means of all agronomic characters of dura populations were highly significant. Only one dura population had growth performance and bunch number higher than the others. Most of these characters had highly positive phenotypic and genotypic correlation, excepted bunch number and bunch weight showed negative value. In general, genotypic correlations between characters were higher than phenotypic correlations for the same characters. The bunch number had high genotypic correlation with leaflet width, petiole depth, rachis length, height and trunk diameter. The bunch weight had high genotypic correlation with leaflet length. Estimation of heritability for these agronomic characters in dura oil palm populations showed low to moderate values (h^2 = 0.17–0.67). The moderate heritabilities ranged between 0.56–0.67 were petiole width, rachis length and plant height.

Keyword : oil palm, agronomic characters, correlation , heritability

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชยืนต้นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด (ธีระ และคณะ, 2548) ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกไม่น้อยกว่า 3.5 ล้านไร่ และยังคงมีการขยายพื้นที่ปลูกโดยเกษตรกรอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศทั้งด้านบริโภค อุปโภค และพลังงาน

การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อให้ได้พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทยให้มีความมั่นคงและสามารถแข่งขันได้กับต่างประเทศ เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชผสมข้ามที่มีการขยายพันธุ์โดยเมล็ด พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ได้รับการยอมรับและใช้กันในปัจจุบันเป็นพันธุ์ลูกผสมเทเนอราที่เกิดจากการผสมระหว่างแม่พันธุ์ดูรากับพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา ทำให้การคัดเลือกแม่พันธุ์ดูราเพื่อใช้ในการผลิตลูกผสมมีความสำคัญในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ อังคณาและคณะ (2552) ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางลำต้นกับผลผลิตทะลายของปาล์มน้ำมันพบว่าลักษณะทางลำต้นที่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตทะลายของปาล์มน้ำมันในทางบวกสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ลักษณะความสูงลำต้น และลักษณะต่าง ๆ ของทางใบที่ 17 คือ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ และความยาวทางใบ สำหรับลักษณะผลผลิตทะลายมีสหสัมพันธ์ในทางบวกสูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กับลักษณะจำนวนทะลายและขนาดทะลาย แต่ลักษณะจำนวนทะลายกับขนาดทะลายมีสหสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆกับผลผลิตน้ำมันปาล์ม และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายของปาล์มน้ำมันแต่ละชนิด (ดูรา เทเนอรา และพิสิเฟอรา) พบว่าลักษณะน้ำหนักทะลายทั้งหมดของปาล์มน้ำมันชนิดดูรา และเทเนอรามีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตน้ำมันปาล์มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนลักษณะจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันชนิดเทเนอราและพิสิเฟอรามีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตน้ำมันปาล์มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในขณะ ที่ลักษณะเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายและเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลของปาล์มน้ำมันทั้ง 3 ชนิด มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ธีระ และคณะ, 2544ก) Kushairi and Rajanaidu (2000) รายงานว่าลักษณะผลผลิตน้ำมันมีสหสัมพันธ์ทางบวกสูงกับลักษณะผลผลิตทะลายสดและลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย

การศึกษาอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันพบว่ามีความแปรปรวนสูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของเชื้อพันธุกรรมของปาล์มที่ใช้ในการศึกษาอายุของปาล์มและสภาพแวดล้อมในแปลงทดลอง

อย่างไรก็ตามเมื่อประมวลผลการศึกษาต่าง ๆ บนพื้นฐานค่าประมาณการของอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ที่มีค่าสูงสามารถสรุปได้ว่าลักษณะที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อการปรับปรุงประชากรพ่อ-แม่พันธุ์ปาล์มน้ำมัน หรือการผลิตลูกผสมเทเนอรา ได้แก่ ลักษณะผลผลิตทะลาย น้ำหนักต่อผล น้ำหนักเนื้อในเมล็ดต่อผล เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มต่อผลเปอร์เซ็นต์เนื้อในเมล็ดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ความสูง และความยาวทางใบ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของปาล์มน้ำมันที่ทำการคัดเลือกว่าเป็นปาล์มน้ำมันชนิดดูราเทเนอรา หรือ พิสิเฟอรา (ธีระ และคณะ, 2544ก, 2544ข)

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมันประชากรดูราที่ผ่านการผสมตัวเองแล้ว 1 รอบ โดยประชากรดังกล่าวได้รับการคัดเลือกมาจากแปลงเชื้อพันธุกรรมปาล์มน้ำมันของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิธีการศึกษา

ทำการศึกษากับประชากรปาล์มน้ำมันแบบดูราผสมตัวเองอายุ 3 ปี ของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยใช้ประชากรแบบดูราผสมตัวเอง จำนวน 4 ประชากร แต่ละประชากรทำการสุ่มต้นไว้ จำนวน 15 ต้น (ซ้ำ) เพื่อใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต (เช่นลักษณะของทางใบที่ 17 จำนวนทางใบและขนาดลำต้น) จำนวนทะลายและน้ำหนักต่อทะลาย สำหรับลักษณะการเจริญเติบโตทำการบันทึกข้อมูลทุก 3 เดือน เป็นเวลา 1 ปี ติดต่อกัน ลักษณะของทางใบที่ 17 ใช้วิธีการของ Henson (1993) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

การประเมินสหสัมพันธ์ของฟีโนไทป์ (phenotypic correlation, Rp) จีโนไทป์ (genotypic correlation, Rg) และสภาพแวดล้อม (environmental correlation, Re) ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตทะลาย โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและ ความแปรปรวนร่วม ตามวิธีการของ Roy (2000) ดังนี้

ก) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าคาดหมายความแปรปรวนของลักษณะแสดงใน (Table 1)

Table 1 Estimates variance of x or y character

Source	df	SS	MS	EMS
Treatment	t - 1	SS_1	MS_1	$\sigma^2_w+r\sigma^2_b$
Error	t(r - 1)	SS_2	MS_2	σ^2_w
Total	tr - 1			

โดยที่

SS คือ sum of square

MS คือ mean of square

σ^2_{bx} หรือ σ^2_{by} = $(MS_1-MS_2)/r$

σ^2_{wx} หรือ σ^2_{wy} = MS_2

σ^2_{by} และ σ^2_{wy} คือ ความแปรปรวนของจีโนไทป์ และสภาพแวดล้อมของลักษณะ y ตามลำดับ

σ^2_{bx} และ σ^2_{wx} คือ ความแปรปรวนของจีโนไทป์ และสภาพแวดล้อมของลักษณะ x ตามลำดับ

ข) การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมและค่าคาดหมายความแปรปรวนร่วมระหว่างลักษณะแสดงใน (Table 2)

Table 2 Estimates covariance between x and y characters

Source	df	SCP	MCP	EMCP
Treatment	t - 1	SCP_1	MCP_1	$\sigma_{wxy}+r\sigma_{bxy}$
Error	t(r - 1)	SCP_2	MCP_2	σ_{wxy}
Total	tr - 1			

โดยที่

SCP = sum of cross product

MCP = mean of cross product

σ_{bxy} = $(MCP_1-MCP_2)/r$

σ_{bxy} และ σ_{wxy} = ความแปรปรวนร่วมของจีโนไทป์ และสภาพแวดล้อมระหว่างลักษณะ x และ y ตามลำดับ

จากการตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมดังกล่าว สามารถที่จะวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมได้ดังนี้

$$R_p = \frac{\sigma_{pxy}}{\sqrt{\sigma^2_{px}\ \sigma^2_{py}}} \quad \text{และ} \quad R_g = \frac{\sigma_{bxy}}{\sqrt{\sigma^2_{bx}\ \sigma^2_{by}}}$$

โดยที่

σ_{pxy}, σ_{bxy} = ความแปรปรวนร่วมของฟีโนไทป์ จีโนไทป์ ระหว่าง ลักษณะ x และ y ตามลำดับ

σ^2_{py}, σ^2_{by} = ความแปรปรวนของฟีโนไทป์ จีโนไทป์ ของลักษณะ y ตามลำดับ

σ^2_{px}, σ^2_{bx} = ความแปรปรวนของฟีโนไทป์ จีโนไทป์ ของลักษณะ x ตามลำดับ

การประเมินอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (broad sense heritability, h^2) เป็นอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนทางพันธุกรรมทั้งหมดต่อความแปรปรวนที่สังเกตได้ทั้งหมด (พีระศักดิ์, 2525)

$$h^2 = \sigma^2_G/\sigma^2_P$$
$$= \sigma^2_G/(\sigma^2_G + \sigma^2_E)$$

σ^2_G = ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genotypic variation)

σ^2_P = ความแปรปรวนทั้งหมด (phenotypic variation)

σ^2_E = ความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม (environmental variation)

ผลและวิจารณ์

ค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตของปาล์มน้ำมันแบบดูรา จำนวน 4 ประชากร (Table 3) พบว่าทุกลักษณะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Corley and

Lee (1992) ในปาล์มน้ำมันแบบดูรา 3 กลุ่มประชากรพบว่าลักษณะความสูงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ในการศึกษานี้พบว่าประชากรดูราที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิต (จำนวนทะลาย) ที่มีแนวโน้มที่สูงกว่าประชากรอื่น ๆ ซึ่งประชากรนี้อาจจะเป็นประโยชน์ต่อการนำมาใช้เป็นต้นแม่พันธุ์เพื่อใช้ในการผลิตลูกผสมเทเนอราโดยการผสมกับต้นพ่อพันธุ์พิสิเฟอราที่ดี

Table 3 Mean of agronomic characters in 4 selfed dura populations of oil palm

Characters	Dura populations				C.V. (%)	F - test
	1	2	3	4		
L L	55.06ab	50.28c	52.10bc	56.83a	8.41	**
L W	3.33ab	3.51b	3.87a	3.81a	7.68	**
L N	224.33ab	221.67b	217.8b	234.00a	5.06	**
P W	3.99ab	3.72b	4.06ab	4.20a	9.40	**
P D	2.38bc	2.21c	2.47ab	2.66a	8.64	**
R L	270.40b	256.87b	277.67bc	321.60a	8.64	**
H	140.13b	149.17b	150.40b	176.57a	8.74	**
T D	50.47b	49.03b	52.90ab	58.53a	11.49	**
B N	7.53b	11.93b	14.67ab	20.93a	53.65	**
B W	4.85a	3.08b	3.15b	4.13ab	43.31	**

leaflet length (L L), leaflet width (L W), leaflet number (L N), petiole width (P W), petiole depth (P D), rachis length (R L), trunk height (H), trunk diameter (T D), bunch number (B N) and bunch weight (B W), ** = significant different at P ≤ 1 %

การประเมินสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมีความสำคัญในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากเป็นการวัดความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะปริมาณ (Cedillo *et al.*, 2008) ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (Rp) และจีโนไทป์ (Rg) ของลักษณะต่างๆ ทางการเกษตรข้างต้น (Table 4) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของลักษณะต่าง ๆ ส่วนใหญ่มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกที่สูง เมื่อพิจารณาสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์พบว่าเฉพาะลักษณะจำนวนทะลายกับน้ำหนักทะลายที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบที่สูง (Rp = -0.314) ซึ่งสอดคล้องกับที่รายงานโดย Obisesan and Fatunla (1982) ซึ่งรายงานว่ามีสหสัมพันธ์ในทางลบกันในลักษณะน้ำหนักทะลายกับจำนวนทะลาย (-0.41) ส่วนลักษณะอื่นๆ มีสหสัมพันธ์ในทางบวกโดยเฉพาะสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ทางลำต้นมีจะค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิต (จำนวนทะลายและน้ำหนัก/ทะลาย) กับลักษณะต่าง ๆ ทางลำต้น

เมื่อพิจารณาสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์พบว่าเฉพาะลักษณะน้ำหนัก/ทะลายมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับความกว้างใบ ความสูง และจำนวนทะลาย มีค่า Rg = -0.611, -0.072, -0.224 ตามลำดับ ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีสหสัมพันธ์ในทางบวก โดยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ในทางบวกของลักษณะต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะเดียวกัน เช่น ลักษณะความยาวใบกับน้ำหนัก/ทะลาย มีค่า Rg = 0.988 และค่า Rp = 0.255 ความกว้างใบกับจำนวนทะลายมีค่า Rg = 0.952 และค่า Rp = 0.401 ความหนาทางใบกับจำนวนทะลาย มีค่า Rg = 0.865 และค่า Rp = 0.337 ความยาวทางใบกับจำนวนทะลาย มีค่า Rg = 0.915 และค่า Rp = 0.427 ความสูงกับจำนวนทะลาย มีค่า Rg = 1.046 และค่า Rp = 0.476

และ ขนาดลำต้นกับจำนวนทะลายมีค่า Rg = 1.014 และค่า Rp = 0.347 เป็นต้น ลักษณะต่าง ๆ ทางลำต้นเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกต้นปาล์มน้ำมันที่ให้จำนวนทะลายสูงได้

Table 4 Estimates phenotypic (above diagonal) and genotypic (below diagonal) correlation coefficients, for agronomic characters in dura oil palm populations

Characters	L L	L W	L N	P W	P D	R L	H	T D	B N	B W
L L	-	0.148	0.339	0.988	0.511	0.645	0.443	0.317	0.229	0.255
L W	0.076	-	0.132	0.873	0.606	0.525	0.411	0.379	0.401	-0.074
L N	0.963	0.098	-	0.854	0.618	0.656	0.435	0.344	0.324	0.200
P W	0.796	0.612	0.464	-	1.234	1.300	0.579	0.919	0.441	0.385
P D	0.962	0.707	0.766	0.866	-	0.839	0.553	0.552	0.337	0.231
R L	0.860	0.615	0.874	0.781	1.033	-	0.011	0.672	0.427	0.256
H	0.561	0.712	0.867	0.562	0.853	0.012	-	0.734	0.476	0.129
T D	0.857	0.779	0.863	0.838	1.101	1.055	0.952	-	0.347	0.286
B N	0.417	0.952	0.660	0.588	0.865	0.915	1.046	1.014	-	-0.314
B W	0.988	-0.611	0.653	0.476	0.393	0.334	-0.072	0.168	-0.224	-

leaflet length (L L), leaflet width (L W), leaflet number (L N), petiole width (P W), petiole depth (P D), rachis length (R L), trunk height (H), trunk diameter (T D), bunch number (B N) and bunch weight (B W),

Table 5 Estimates of the environmental (σ^2e), genotypic (σ^2g), phenotypic (σ^2p) and heritability (h^2) of agronomic characters in dura oil palm populations

Characters	Component of variance and heritability (h^2)			
	σ^2e	σ^2g	σ^2p	h^2
L L	20.27	7.29	27.56	0.26
L W	0.08	0.06	0.14	0.43
L N	128.80	39.14	167.94	0.23
P W	0.02	0.04	0.06	0.67
P D	0.04	0.03	0.07	0.43
R L	592.14	740.82	1332.96	0.56
H	181.42	233.85	415.27	0.56
T D	36.71	15.05	51.76	0.29
B N	54.55	27.83	82.38	0.34
B W	2.71	0.54	3.25	0.17

leaflet length (L L), leaflet width (L W), leaflet number (L N), petiole width (P W), petiole depth (P D), rachis length (R L), trunk height (H), trunk diameter (T D), bunch number (B N) and bunch weight (B W)

ผลการประเมินองค์ประกอบของความแปรปรวนและอัตราพันธุกรรมในลักษณะทางการเกษตรต่าง ๆ ในประชากรดูราผสมตัวเอง (Table 5) พบว่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ มีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง

(0.17–0.67) ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมระดับปานกลาง ได้แก่ ความกว้างทางใบ ความยาวทางใบ และความสูง มีค่า 0.67, 0.56 และ 0.56 ตามลำดับ สอดคล้องกับ Breure and Corley (1983) ประเมินอัตราพันธุกรรมของลักษณะความยาวทางใบจากความสัมพันธ์พ่อแม่ - ลูกมีค่า 0.44 แต่ขัดแย้งกับ อังคณาและคณะ (2552) ได้รายงานว่าลักษณะเหล่านี้มีอัตราพันธุกรรมต่ำ ลักษณะอื่น ๆ มีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.17-0.43

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ร่วมกับค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะแล้ว พบว่าลักษณะทางการเกษตรที่ควรให้ความสำคัญในการคัดเลือกต้นแม่พันธุ์ดูราคือความกว้างทางใบ ความยาวทางใบ และความสูง เนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีสหสัมพันธ์สูงกับลักษณะจำนวนทะลายของปาล์มน้ำมันและมีค่าอัตราพันธุกรรมสูงกว่าลักษณะอื่น ๆ

สรุป

จากการศึกษาลักษณะทางการเกษตรของประชากรดูรา จำนวน 4 ประชากร พบว่ามีเพียง 1 ประชากรที่มีลักษณะทางการเกษตร โดยเฉพาะลักษณะจำนวนทะลาย/ต้น/ปี อยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าประชากรอื่น

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (Rp) และจีโนไทป์ (Rg) ของลักษณะต่าง ๆ ทางการเกษตรส่วนใหญ่มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกที่สูง โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ในทางบวกของลักษณะต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะเดียวกัน ลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์สูงกับลักษณะจำนวนทะลาย/ต้น/ปี ได้แก่ ความกว้างใบ ความหนาทางใบ ความยาวทางใบ ความสูง และ ขนาดลำต้น ส่วนลักษณะความยาวใบย่อยมีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์สูงกับลักษณะน้ำหนัก/ทะลาย

อัตราพันธุกรรมในลักษณะต่าง ๆ ทางการเกษตรในประชากรดูราผสมตัวเอง พบว่า มีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (0.17–0.67) ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมระดับปานกลาง ได้แก่ ความกว้างทางใบ ความยาวทางใบ และ ความสูง ส่วนลักษณะอื่น ๆ มีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และสมเกียติ สีสนอง. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, นิทัศน์ สองศรี, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544ก. การกระจายตัว สหสัมพันธ์ และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ในลูกชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23 (ฉบับพิเศษ ปาล์มน้ำมัน) : 705-715.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, นิทัศน์ สองศรี, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544ข. สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์เส้นทางและอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23 (ฉบับพิเศษ ปาล์มน้ำมัน) : 691-704.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชา พืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อังคณา โชติวัฒนศักดิ์, ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และนิทัศน์ สองศรี. 2552. สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร. 40(1). 25-34.

Breure, C.J. and R.H.V. Corley. 1983. Selection of oil palm for high density planting. Euphytica 32 : 177 – 186.

Cedillo, D.S.O., W. S., Barros, F.M., Ferreira, L.A.S., Dias, R.B. Rocha and C.D. Crus. 2008. Correlation and repeatability in progenies of African oil palm. Acta Sci. Agron. 30 : 197 – 201.

Corley, R.V.H. and C.H. Lee. 1992. The physiological basis for genetic improvement of oil palm in Malaysia. Euphytica 60 : 179 – 184.

Henson I.E. 1993. Assessing frond dry matter production and leaf area development in young oil palm . In : Proc. 1991 PORIM Int. Palm Oil Conf. – Agricuture (Ed. By Y. Basiron et al.) 479-478 , Oil Palm Res. Malaysia. Kuala Lumpur.

Kushairi, A. and N. Rajanaidu. 2000. Breeding population seed production and nursery management. In Advance in Oil Palm Research (eds. Y. Basiron, B.S. Jalani, K.W. Chan) Vol. I, pp. 171-224. Selangor : SMART Print and Stationer.

Obisesan, I.O. and T. Fatunla. 1982. Heritability of fresh fruit bunch yield and its components in the oil palm (*Elaeis guineenis* Jacq.). Theor. Appl. Genet. 65 : 65-68.

Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Pangbourne : Alpha Science International

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 28:3(36-43)

การชักนำพอลีพลอยด์และลักษณะสัณฐานของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

Polyploid Induction and Morphological Characters of Oil Palm Seedlings (*Elaeis guineensis* Jacq.)

สิทธิพงษ์ พรมมา[1] และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อชักนำให้เกิดพอลีพลอยด์ และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสัณฐานของปาล์มน้ำมันในระยะกล้าอายุ 12 เดือน โดยใช้เมล็ดงอกปาล์มน้ำมันพันธุ์ลูกผสมเทเนอราจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จุ่มแช่สารโคลชิซินที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 2.5 5.0 และ 7.5 mM และระยะเวลาในการจุ่มแช่สาร 5 เวลา คือ 3 6 12 24 และ 48 ชม. ทำการประเมินความมีชีวิตรอดของกล้าปาล์มและการเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซมเบื้องต้นด้วยวิธีการวัดขนาด และความหนาแน่นปากใบ หลังจากนั้นทำการยืนยันด้วยการนับจำนวนโครโมโซมจากปลายราก ผลการศึกษา พบว่า เมล็ดงอกที่ผ่านการจุ่มแช่สารที่ระดับความเข้มข้นสูงและระยะเวลานานมีแนวโน้มทำให้ความมีชีวิตรอดของกล้าปาล์มลดลง โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 7.5 mM นาน 48 ชม. กล้าปาล์มมีชีวิตรอดต่ำสุด (17.78%) ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่คาดว่าเป็นต้นพอลีพลอยด์พบในทรีทเมนต์ต่าง ๆ มีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2.70-37.50% ของต้นที่รอดชีวิต แต่เฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 7.5 mM จุ่มแช่สารนาน 48 ชม เท่านั้นที่พบกล้าปาล์มแบบเททระพลอยด์ คิดเป็น 7.69 และ 12.5% ของต้นที่รอดชีวิต ตามลำดับ ทรีทเมนต์อื่นๆ ส่วนใหญ่ พบกล้าปาล์มแบบมิกโซพลอยด์ อยู่ระหว่าง 2.63 ถึง 23.08% ของต้นที่รอดชีวิต ต้นพอลีพลอยด์ที่ได้มีลักษณะสัณฐาน เช่น ความสูง ขนาดโคนต้น การสร้างใบขนนก และลักษณะความหนาแน่นของปากใบต่ำกว่าต้นดิพลอยด์ แต่มีขนาดของปากใบใหญ่กว่า โดยระดับโครโมโซมในปาล์มน้ำมันมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับความกว้างและความยาวของปากใบ แต่มีสหสัมพันธ์ในทางลบกับความหนาแน่นของปากใบ

คำสำคัญ : ปาล์มน้ำมัน โคลชิซิน โพลีพลอยด์ ลักษณะสัณฐาน สหสัมพันธ์

Abstract

This study aimed to induce polyploidy and determine the morphological characters in 12-month-old oil palm seedlings. The germinated seeds of a hybrid tenera variety derived from Prince of Songkla University (PSU) breeding program were used in the experiment. The treatments consisted of three colchicine concentrations (2.5, 5.0 and 7.5 mM) and five durations of immersion (3, 6, 12, 24 and 48 h). The survival rate of seedlings was evaluated. The putative polyploidy palms were observed via sizes (width and length) and densities of stomata from all survived seedlings. Polyploidys were confirmed via chromosome count from root tips. The results found that the survival rate of treated palms decreased in high concentration of colchicine and long length of time in immersion, especially at 7.5 mM for 48 h giving the lowest surviving plants at 17.78%. The putative polyploidy palms were observed in most treatments, varied between 2.70 to 37.50% of the survival palms. However, only the treatments of 5.0 and 7.5 mM with 48 h immersion gave the tetraploids at 7.69 and 12.5% of survival palms, respectively. Most other treatments provided mixoploids, ranged between 2.63 to 23.08% of survival palms. Morphological charac-

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

ters of polyploidy palms including height, width of bulb, number of pinnate leaves and densities of stomata were lower than the diploid palms, except for stomata sizes which were higher. Highly positive correlation was observed between stomata size and ploidy level. In contrast, the stomatal densities gave highly negative correlation with ploidy level.

Keywords : Oil palm, Polyploidy, Colchicine, Morphological characters, Correlations

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq., 2n=2x=32) เป็นพืชน้ำมันที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่ต่อปีสูงที่สุดในบรรดาพืชน้ำมันทั้งหลาย (ธีระ, 2548 ; Corley and Tinker, 2003) จัดเป็นพืชยืนต้นผสมข้าม ปกติใช้เมล็ดในการขยายพันธุ์ เริ่มให้ผลผลิตเมื่อปลูกลงแปลงแล้วประมาณ 3 ปี และสามารถให้ผลผลิตได้ต่อเนื่องนานกว่า 25 ปีขึ้นไป น้ำมันปาล์มที่สกัดได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างมากมายทั้งในด้านอุปโภคและบริโภค ในปัจจุบันยังถูกนำมาใช้เป็นพืชพลังงานทดแทนในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล พันธุ์การค้าที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือพันธุ์เทเนอรา (Tenera) ที่มีกะลาบาง ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์ ดูรา (Dura) ที่มีกะลาหนา และพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา (Pisifera) ที่ไม่มีกะลาหรือกะลาบางมาก (ธีระ และคณะ 2544 ; ธีระ, 2548) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าฐานพันธุกรรมของปาล์มน้ำมันพันธุ์ปลูกค่อนข้างแคบ (Kushairi and Rajanaidu, 2000) ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ของพืชนี้

การจัดการเกี่ยวกับยีนและโครโมโซมโดยการชักนำให้พืชเกิดพอลีพลอยด์ (polyploid) เป็นวิธีการหนึ่งที่พบว่าสามารถขยายฐานพันธุกรรมของพืชให้กว้างขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ (Thao *et al.*, 2003) โดยสารเคมีที่นิยมนำมาใช้มากที่สุด คือสารโคลชิซิน ส่วนวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซมในพืชที่นิยมใช้ได้แก่ วิธีการโฟลไซโตรเมทรีซึ่งเป็นวิธีที่แม่นยำ และรวดเร็ว แต่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง ดังนั้นการวัดขนาด และความหนาแน่นของปากใบ จึงเป็นวิธีการที่สามารถใช้ทดแทนเพื่อคัดเลือกพืชพอลีพลอยด์ในเบื้องต้นได้ (Yang *et al.*, 2006) เนื่องจากพืชพอลีพลอยด์ที่ได้มักมีลักษณะเด่น เช่น ขนาดของผลใหญ่ขึ้น ผลผลิตเพิ่มขึ้น และปริมาณสารทุติยภูมิเพิ่มขึ้นในพืชสมุนไพร เป็นต้น (Thao *et al.*, 2003)

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อชักนำให้เกิดพอลีพลอยด์ในปาล์มน้ำมัน และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสัณฐานของปาล์มน้ำมันในระยะกล้า โดยใช้เมล็ดงอกปาล์มน้ำมันพันธุ์ลูกผสมเทเนอรา จุ่มแช่สารโคลชิซินที่ระดับความเข้มข้น ในระยะเวลาต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การชักนำพอลีพลอยด์และการจัดการกล้าปาล์มน้ำมัน

ใช้เมล็ดงอกพันธุ์ลูกผสมเทเนอรา (DxP) ที่ได้มาจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยคัดเลือกเมล็ดงอกที่สมบูรณ์และมีจำนวนยอดเพียง 1 ต้นต่อเมล็ด มาแช่ด้วยสารโคลชิซินที่ละลายในน้ำกลั่นในระดับความเข้มข้น จำนวน 3 ระดับ คือ 2.5 5.0 และ 7.5 mM และระยะเวลาในการจุ่มแช่สารจำนวน 5 ระยะเวลา คือ 3 6 12 24 และ 48 ชม. แต่ละระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการจุ่มแช่สาร ใช้เมล็ดงอกจำนวน 45 เมล็ด นำเมล็ดงอกมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นภายหลังการจุ่มแช่สารทุกครั้ง แล้วจึงนำไปปลูกภายใต้สภาพร่มเงาของแสง 50% ในถุงพลาสติกสีดำ ขนาด 15x23 ซม. หนา 250 เกจ ที่บรรจุวัสดุปลูกซึ่งประกอบด้วยดิน 3 ส่วน แกลบ 1 ส่วน และปุ๋ยคอก 1 ส่วน ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน เมื่อกล้าปาล์มมีอายุครบ 3 เดือน ทำการย้ายกล้าลงในถุงพลาสติกขนาด 45 x 45 ซม. หนา 500 เกจ ที่บรรจุวัสดุปลูกเช่นเดียวกันภายใต้สภาพที่มีแสง

เมื่อกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 12 เดือน ทำการตรวจสอบการเพิ่มชุดโครโมโซมเบื้องต้นด้วยวิธีการวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาแน่นของปากใบ โดยทำการวัดกล้าปาล์มทุกต้นที่รอดชีวิต เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของแต่ละต้นกับตัวอย่างของชุดควบคุม โดยใช้วิธี t-test (ที่ $P<0.01$) หลังจากนั้นทำการคัดเลือกต้นที่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับชุดควบคุม เพื่อไปยืนยันผลด้วยวิธีการนับจำนวนโครโมโซมของปลายราก

บันทึกจำนวนต้นที่ได้รับการยืนยันว่ามีชุดโครโมโซมเพิ่มขึ้นในแต่ละทรีทเมนต์ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มชุดโครโมโซมต่อต้นที่รอดชีวิตต่อทรีทเมนต์ หลังจากนั้นทำการแบ่งกลุ่มของกล้าปาล์มน้ำมันโดยใช้ระดับความแตกต่างของโครโมโซมเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มดิพลอยด์ มาจากชุดควบคุมที่ไม่ได้แช่สารโคลชิซิน (control) และดิพลอยด์สุ่มมาจากทรีทเมนต์ที่แช่สารโคลชิซิน กลุ่มเททระพลอยด์ และกลุ่มมิกโซพลอยด์ ทำการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของกล้าปาล์มน้ำมันทั้ง 4 กลุ่ม ได้แก่ลักษณะ ความสูง ความกว้างโคนต้น จำนวนใบหอก ใบหางปลา และใบขนนก ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาแน่นปากใบ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้วิธี F-test ($p<0.05$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (Least Significant Difference, $p<0.05$) และทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะขนาดความกว้างปากใบ ความยาวปากใบ ความหนาแน่นปากใบ และระดับโครโมโซม

2. วิธีการตรวจสอบขนาด และ ความหนาแน่นของปากใบ

สุ่มตัดใบปาล์มน้ำมันขนาดประมาณ 3x3 ซม.จากใบปาล์มน้ำมันจำนวน 3 ใบ นำตัวอย่างใบที่ได้มาลอกเนื้อเยื่อใต้แผ่นใบด้วยใบมีดโกน และดึงออกด้วยปากคีบแล้วนำมาวางบนแผ่นสไลด์ที่หยดน้ำไว้ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบคอมพาวด์ที่กำลังขยาย 400 เท่า วัดขนาดความกว้าง ความยาว ของปากใบจำนวน 10 เซลล์ ต่อใบ สำหรับความหนาแน่นของปากใบ นับจำนวนปากใบจากพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 5 พื้นที่ต่อ 1 ต้น

3. วิธีการนับจำนวนโครโมโซม

เก็บปลายรากของกล้าปาล์มน้ำมัน โดยตัดส่วนปลายรากขนาดเล็ก ยาว 1-2 เซนติเมตรในช่วงเวลา 10-11 นาฬิกา มาใส่ในหลอดแก้วที่บรรจุสารพรีแช่เมนต์ 8-Hydroxyquinoline เก็บไว้นาน 5-6 ชม. ที่อุณหภูมิ 4 °C จากนั้นนำปลายรากใส่ในหลอดที่บรรจุ Canoy's fluid (absolute ethanol : glacial acetic acid อัตราส่วน 3:1) นาน 24 ชม. ที่อุณหภูมิ 10 °C เก็บในที่มืด และนำปลายรากล้างด้วยน้ำกลั่น และแช่ในกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 1 N ที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 2 นาที นำปลายรากที่ได้ไปล้างในน้ำกลั่น แล้วนำมาตัดส่วนปลายรากประมาณ 1-2 มิลลิเมตร นำมาวางบนสไลด์และหยดอะซีโตคาร์มีนเข้มข้น 2 % ประมาณ 1-2 หยด นาน 15 นาที ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วใช้ปลายดินสอที่มีด้านเป็นยางลบเคาะเบา ๆ ให้เซลล์แตกแล้วนำไปตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบคอมพาวด์ที่กำลังขยาย 1000 เท่า นับเซลล์ในระยะเมทาเฟส จำนวน 5 เซลล์ต่อราก ทำ 3 รากต่อต้น

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของโคลชิซินต่อความมีชีวิตรอดและการเพิ่มชุดโครโมโซม

ความมีชีวิตรอดของกล้าปาล์มน้ำมัน ภายหลังการจุ่มแช่สารโคลชิซินที่ระดับความเข้มข้นในระยะเวลาต่าง ๆ แสดงใน Table 1 พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นและระยะเวลามีแนวโน้มทำให้กล้าปาล์มมีชีวิตรอดลดลง โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 7.5 mM เป็นเวลา 48 ชม.ทำให้กล้าปาล์มมีชีวิตรอดต่ำสุดเพียง 17.78%ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Madon *et al.* (2005)

ผลการตรวจสอบกล้าปาล์มอายุ 12 เดือนที่รอดชีวิตทั้งหมดเบื้องต้นด้วยวิธีการวัดความแตกต่างของขนาดและความหนาแน่นของปากใบเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Table 1) พบว่า ทรีทเมนต์ส่วนใหญ่มีต้นที่คาดว่าจะเป็นพอลีพลอยด์อยู่ระหว่าง 1 – 8 ต้น (คิดเป็น 2.70-37.50% ของต้นกล้า) โดยที่ระดับความเข้มข้น 5 mM ที่ระยะเวลา

การจุ่มแช่สารต่าง ๆ มีโอกาสพบต้นที่ควดว่าจะเป็นพอลีพลอยด์สูงสุด และเมื่อนำต้นดังกล่าวไปตรวจสอบเพื่อยืนยันผลด้วยวิธีการนับโครโมโซมปลายราก พบว่า มีทั้งต้นที่ไม่มีการเพิ่มชุดโครโมโซม (Figure 1A) และมีการเพิ่มชุดโครโมโซมของกล้าปาล์มน้ำมัน ซึ่งแบบที่เพิ่มเกิดขึ้น 2 แบบ คือ เททระพลอยด์ (Figure 1B) และ มิกโซพลอยด์ โดยกล้าปาล์มที่มีโครโมโซมแบบมิกโซพลอยด์มีโอกาสเกิดขึ้นได้สูงกว่าแบบเททระพลอยด์ (Table 1) การเกิดพอลีพลอยด์แบบมิกโซพลอยด์ พบได้ในทุกระดับความเข้มข้นของสาร โดยมีระยะเวลาในการจุ่มแช่สารเป็นปัจจัยสำคัญต่อการชักนำ คือ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (2.5 mM) ต้องใช้ระยะเวลาในการจุ่มแช่สาร (24 และ 48 ชม.) มากกว่าที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่า (5 และ 7.5 mM) ซึ่งใช้ระยะเวลาในการจุ่มแช่สาร ตั้งแต่ 12 ชม. เป็นต้นไป สอดคล้องกับ Li *et al.* (2007) ที่รายงานว่าระดับความเข้มข้นของสารโคลชิซินและระยะเวลาการจุ่มแช่สารมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ สำหรับพอลีพลอยด์แบบเททระพลอยด์ จะพบเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 7.5 mM ที่ระยะเวลาการจุ่มแช่สารนาน 48 ชม. โดยพบจำนวน 2 และ 1 ต้น ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Madon *et al.* (2005) ที่ไม่พบต้นเททระพลอยด์ในปาล์มน้ำมันเกิดขึ้นที่ความเข้มข้น 2.5 mM เช่นกัน แต่พบที่ความเข้มข้น 5.0 mM ที่ระยะเวลาจุ่มแช่สารนาน 24 ชม. ซึ่งแตกต่างจากการทดลองนี้ ที่ต้องใช้ระยะเวลาจุ่มแช่สารนาน 48 ชม. จึงพบต้นเททระพลอยด์ แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของยีโนไทป์ของปาล์มน้ำมันอาจตอบสนองต่อระยะเวลาที่ใช้ในการจุ่มแช่สารที่แตกต่างกันเพื่อชักนำให้เกิดพอลีพลอยด์แบบเททระพลอยด์

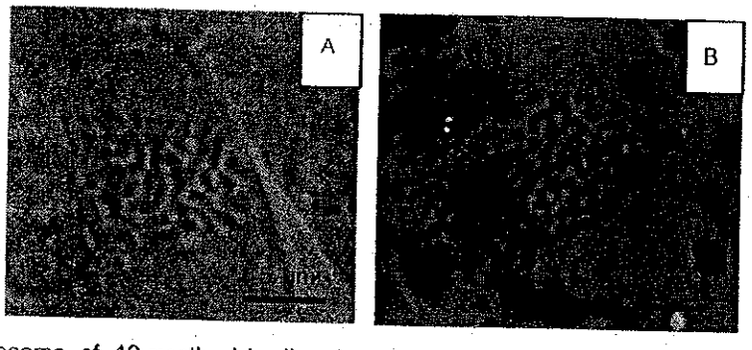


Figure 1 Chromosome of 12-month-old oil palm seedlings after treated with colchicines; diploid 2n=2x=32 (included treated and untreated colchicine, A), tetraploid 2n=2x=64 (B)

2. ผลของพอลีพลอดย์ต่อลักษณะทางสัณฐานและปากใบของกล้าปาล์มน้ำมัน

ผลการเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานของกล้าปาล์มพอลีพลอยด์กับดิพลอยด์จากชุดควบคุม (Figure 2) ที่อายุ 12 เดือน พบว่าต้นเททระพลอยด์ และมิกโซพลอยด์ มีลักษณะความสูง ขนาดโคนต้น จำนวนใบรูปขนนก น้อยกว่าต้นปาล์มดิพลอยด์ (Table2)แต่ไม่มีความแตกต่างในลักษณะจำนวนใบรูปหอกกับใบรูปหางปลา เมื่อเปรียบเทียบระหว่างต้นเททระพลอยด์ และมิกโซพลอยด์ พบว่า ต้นเททระพลอยด์ยังไม่มีการสร้างใบรูปขนนก ในขณะที่ต้นมิกโซพลอยด์มีใบขนนกเกิดขึ้นเฉลี่ย 3.26 ใบ ส่วนลักษณะความสูงและขนาดโคนต้นมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ปกติต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะใช้ลักษณะการสร้างใบใหม่เป็นตัวบอกถึงการเจริญเติบโต (ชูจิตต์ และคณะ, 2536) การที่ต้นเททระพลอยด์มีการเจริญเติบโตช้าและยังไม่มีการสร้างใบขนนกเกิดขึ้นอาจเนื่องจากการสะสมน้ำหนักแห้งเพื่อเพิ่มขนาดโคนต้น และความสูงยังไม่เพียงพอต่อการผลิตใบขนนกขึ้นมา ซึ่งตามรายงานของ น้ำอ้อย และธีระ (2551) ทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะการสร้างใบรูปขนนก กับขนาดโคนต้น และความสูง พบว่าสัมพันธ์ในทางบวก นอกจากนี้อาจมี สาเหตุมาจากการทำงานที่ผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดจากการลดอัตราการแบ่งเซลล์ลง (Swanson, 1957) สำหรับต้นมิกโซพลอยด์ซึ่งมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นเททระพลอยด์ อาจเนื่องมาจากเซลล์บางส่วนไม่ได้ถูกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมจึงยังคงมีกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ปกติ ส่วนต้นดิพลอยด์ที่

สุ่มมาจากทรีทเมนต์ที่มีการแช่สารโคลชิซินระดับต่าง ๆ ซึ่งตรวจสอบแล้วไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซม ก็ไม่พบความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้แช่สาร แสดงให้เห็นว่าสารโคลชิซินไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน แต่ความแตกต่างที่เกิดขึ้นมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงในระดับโครโมโซม

Table 1 Effect of colchicine concentration and duration of immersion on survivals and polyploidy no. in oil palm seedlings

Colchicine concentration (mM)	Duration of immerse (h)	Seedling survival rate (%)	No. of putative polyploidy palms[a]	No. of tetraploid palms[b]	No. of mixoploid palms[b]
0 (control)		84.44	0 (0[c])	0 (0)	0 (0)
2.5	3	84.44	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	6	91.11	2 (4.48)	0 (0)	0 (0)
	12	88.89	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	24	82.22	1 (2.70)	0 (0)	1 (2.70)
	48	71.11	4 (12.5)	0 (0)	3 (9.38)
5	3	77.78	2 (5.71)	0 (0)	0 (0)
	6	88.89	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	12	75.56	1 (2.94)	0 (0)	1 (2.94)
	24	68.89	2 (6.45)	0 (0)	2 (6.45)
	48	57.78	8 (30.77)	2 (7.69)	6 (23.08)
7.5	3	77.78	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	6	82.22	2 (5.41)	0 (0)	0 (0)
	12	84.44	1 (2.63)	0 (0)	1 (2.63)
	24	53.33	2 (8.33)	0 (0)	0 (0)
	48	17.78	3 (37.5)	1 (12.5)	1 (12.5)

[a] Detected via stomatal size and density of all survived seedlings.
[b] Detected via chromosome count from root tips of all putative polyploidy palms
[c] Percentage of survived seedlings.

เมื่อพิจารณาขนาด (ความกว้างและยาว) และความหนาแน่นปากใบ พบว่าในกล้าปาล์มพอลีพลอยด์ ทั้งแบบเททระพลอยด์ และมิกโซพลอยด์ มีขนาดปากใบใหญ่ และมีความหนาแน่นต่ำกว่าต้นดิพลอยด์ในชุดควบคุม (Table 2 และ Figure 3 C,D) สอดคล้องกับรายงานที่ได้กล่าวว่าลักษณะขนาด และความหนาแน่นของปากใบเป็นตัวบ่งบอกถึงระดับโครโมโซมที่เปลี่ยนแปลงไป (Hamill *et al*, 1992; Kadota and Niimi, 2002; Thao *et al*, 2003; Gu *et al*, 2005; Chen and Gao, 2007) จากการประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างลักษณะระดับโครโมโซมกับลักษณะปากใบ(Table 3) พบว่า ระดับโครโมโซมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความกว้าง และความยาวของปากใบ (r=0.60 และ 0.81 ตามลำดับ) แต่มีความสัมพันธ์ในทางลบกับความหนาแน่นของปากใบ (r=-0.67) แสดงว่า ถ้ามีการเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมเกิดขึ้นขนาดความกว้าง และความยาวปากใบก็จะเพิ่มขึ้น แต่จะมีจำนวนเซลล์ปากใบต่อพื้นที่ลดลง ส่วนขนาดความกว้างของปากใบนั้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกต่อขนาดความยาวของปากใบ แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับความหนาแน่นของปากใบ (r= 0.37 และ -0.59 ตามลำดับ) และขนาดความยาวของปากใบก็

พบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบต่อความหนาแน่นของปากใบเช่นเดียวกัน (r=-0.50) (Table 3) ตารางค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยยืนยันผลของความสอดคล้องกันระหว่างลักษณะทางปากใบที่สัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซม และช่วยบอกถึงความสำคัญของวิธีการวัดขนาดปากใบเพื่อใช้ในการคัดเลือกต้นพอลีพลอยด์เบื้องต้น ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ไม่ทำลายต้น ไม่เสียค่าใช้จ่ายมาก (Yang *et al*, 2006) และให้ผลค่อนข้างแม่นยำ

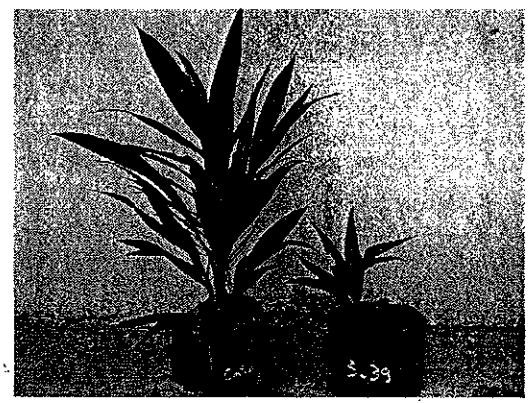


Figure 2 Morphology of 12-month-old oil palm seedlings after treated with colchicines; diploid 2n=2x=32 (left), tetraploid 2n=2x=64 (right)

Table 2 Morphological and stomatal characters in different ploidy levels of oil palm seedlings

Characters	control	diploids[1]	tetraploids	mixoploids	F -test	C.V.[2] (%)
Height (cm.)	18.78a	18.24a	9.50b	11.53b	**	30.29
Width of bulb (cm.)	4.94a	4.16ab	2.70b	3.32b	**	28.21
Number of lanceolate [3]	3.44	3.12	3.40	2.90	ns	26.64
Number of bifurcate	6.20	5.00	6.33	5.80	ns	28.63
Number of pinnate	6.44a	6.60a	0.00c	3.26b	**	52.57
Total leaf production	12.88a	12.37a	8.33b	10.26ab	**	20.82
Stomata width (µm)	20.25ab	17.58b	23.4a	22.5a	*	8.27
Stomata length (µm)	30.75b	30.65b	37.08a	36.65a	**	5.61
Stomata density (mm^2)	76.00a	68.00ab	46.12b	46.40b	*	21.75

1 Random diploid from colchicine treatments
2 Coefficient of variation
3 3 month-old seedlings
* significantly different at $p < 0.05$
** significantly different at $p < 0.01$
ns not significant
Mean values within the same row followed by the same letters are not significantly different as tested by Least Significant Difference ($p < 0.05$)

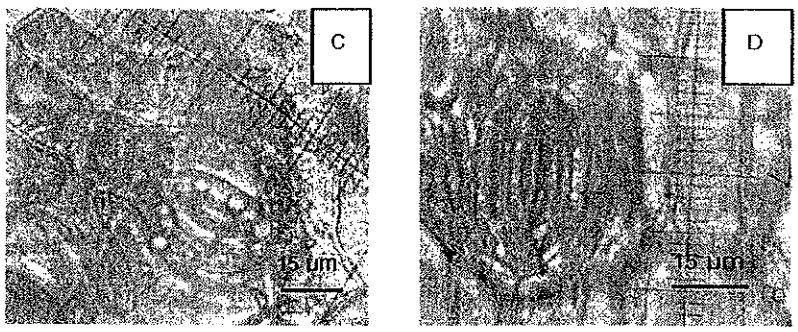


Figure 3 stomatal characters of 12-month-old oil palm seedlings after treated with colchicines; diploid palm (C), tetraploid palm (D)

Table 3 Correlation coefficient between ploidy levels and stomatal characters of 12-month-old oil palm seedlings

Characters	Ploidy levels	Stomatal width	Stomatal length
Stomatal width	0.60**	-	
Stomatal length	0.81**	0.37**	-
Stomatal density	-0.67**	-0.59**	-0.50**

** significant at $p < 0.01$

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้สามารถชักนำให้เกิดพอลีพลอยด์ในปาล์มน้ำมัน โดยพบต้นแบบมิกโซพลอยด์ มากกว่าแบบเททระพลอยด์ การชักนำให้เกิดต้นเททระพลอยด์ จากเมล็ดงอกปาล์มน้ำมันควรใช้ สารโคลชิซินที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 7.5 mM โดยมีระยะเวลาในการจุ่มแช่สารนาน 48 ชม. ต้นพอลีพลอยด์ที่ได้มีลักษณะสัณฐาน เช่น ความสูง ขนาดโคนต้น และการสร้างใบขนนก และลักษณะความหนาแน่นของปากใบ ต่ำกว่าต้นดิพลอยด์ แต่มีขนาดของปากใบใหญ่กว่า โดยระดับโครโมโซมในปาล์มน้ำมันมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับความกว้าง และความยาวของปากใบ แต่มีความสัมพันธ์ในทางลบกับความหนาแน่นของปากใบ การใช้วิธีการวัดขนาด และความหนาแน่นของปากใบจึงเป็นวิธีการเบื้องต้นที่เหมาะสมเพื่อช่วยคัดเลือกต้นพอลีพลอยด์ของปาล์มน้ำมัน ก่อนการนับจำนวนโครโมโซมจากปลายราก

ต้นกล้าปาล์มพอลิพลอยด์ที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ได้นำไปปลูกในแปลง เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตเปรียบเทียบกับกล้าปาล์มปกติ และใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่ง จากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สถานีวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

ชูจิตต์ มามีวัฒนะ วัชรี บุญช่วย และชาย โพธิวิส. 2536. ศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมันเทเนอราที่ได้รับปุ๋ยอัตราและระยะเวลาต่างกัน. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2548. เส้นทางสู่การผลิตปาล์มน้ำมัน. Neo Point, สงขลา.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ นิทัศน์ สองศรี ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544. การกระจายตัวสหสัมพันธ์ และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ในลูกชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23 (ฉบับพิเศษ ปาล์มน้ำมัน) : 705-715.

น้ำอ้อย ศรีประสม และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2551. สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางลำต้นในระยะกล้าปาล์มน้ำมัน. ว. หาดใหญ่วิชาการ 6(2) : 109-115.

Chen, L.L. and Gao, S.L. 2007. *In vitro* tetraploid induction and generation of tetraploids from mixoploids in *Astragalus membranaceus*. Scientia Horticulturae 112: 339-344.

Coley, R.H.V. and Tinker, P.B. 2003. The Oil Palm. Blackwell Science Ltd, Oxford.

Gu, X.F., Yang, A.F., Meng, H. and Zhang, J.R. 2005. *In vitro* induction of tetraploid plants from diploid *Zizyphus jujuba* Mill. Cv. Zhanhua. Plant Cell Rep. 24: 671-676.

Hamill, S.D., Smith, M.K. and Dodd, W.A. 1992. *In vitro* induction of banana autotetraploidy by colchicine treatment of micropropagated diploids. Aust. J. Bot. 40: 887-896.

Kadota, M., Niimi, Y. 2002. *In vitro* induction of tetraploid plants from a diploid Japanese pear cultivar (*Pyrus pyrifolia* N. cv. Hosui). Plant Cell Rep. 21: 282-286.

Kushairi, A. and Rajanaidu, N. 2000. Advances in Oil Palm Research Vol. 1. Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur.

Li, W., Hu, D.N., Li, H. and Chen, X.Y. 2007. Polyploid induction of *Lespedeza formosa* by colchicine treatment. For. Stud. China 9: 283-286.

Madon, M., Clyde, M.M., Hashim, H., Mohd, Y.Y., Mat, H., and Saratha, S. 2005. Polyploidy induction of oil palm through colchicines and oryzarin treatments. Journal of Oil Palm Research 17: 110-123.

Swanson, C.P. 1957. Cytology and Cytogenetics. Prentice Hall, New Jersy.

Thao, N.T.P., Ureshino, K., Miyajima, I., Ozaki, Y. and Okubo, H. 2003. Induction of tetraploids in ornamental *Alocasia* through colchicine and oryzalin treatments. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 72: 19-25.

Yang, X.M., Cao, Z.Y., AN, L.Z., Wang, Y.M. and Fang, X.M. 2006. *In vitro* tetraploid induction via colchicine treatment from diploid somatic embryos in grapevine (*Vitis vinifera* L.). Euphytica 152: 217-224.

Plant Science 175 (2008) 497–504

Contents lists available at ScienceDirect

Plant Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/plantsci

Cloning and expression of a plastid-encoded subunit, beta-carboxyltransferase gene (*accD*) and a nuclear-encoded subunit, biotin carboxylase of acetyl-CoA carboxylase from oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Alisa Nakkaew [a], Wilaiwan Chotigeat [a], Theera Eksomtramage [b], Amornrat Phongdara [a,*]

[a] Center for Genomics and Bioinformatics Research, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat-Yai, Songkhla 90110, Thailand
[b] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat-Yai, Songkhla 90110, Thailand

ARTICLE INFO

Article history:
Received 10 October 2006
Received in revised form 16 May 2008
Accepted 28 May 2008
Available online 11 June 2008

Keywords:
Oil palm
Elaeis guineensis Jacq.
Beta-carboxyltransferase
accD, acetyl-CoA carboxylase (ACCase)
accC, biotin carboxylase (BC)

ABSTRACT

Palm oil is the second largest traded oil or fat in the world market and palm is the most important crop grown mainly for its oil. Identified varieties of *Elaeis guineensis* Jacq., with a high oil content and produced through a selective breeding program, are desirable for improving the yield of oil, subsequently enhancing the economic feasibility of using oil palm in various applications, including bio-diesel. We have cloned the gene of biotin carboxylase (*accD*) from *E. guineensis* Jacq. This gene encodes a plastid-coded subunit of heteromeric acetyl-CoA carboxylase (ACCase). The cDNA of *accD* gene (accession number DQ004687) has an open reading frame of 1479 bp that encodes a putative protein of 492 amino acid residues (AAY86362) with a predicted molecular mass of 55.47 kDa. The heteromeric form of ACCase is important as it catalyzes the first committed step of fatty acid synthesis. There is evidence that collectively suggests that the expression of *accD* in plastids is crucial to the levels of heteromeric ACCase and in turn, to the amount of seed oil in plant. Here we support the hypothesis that the expression level of *accD* is correlated with the oil palm production by using a semi-quantitative reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) and quantitative real-time polymerase chain reaction (real-time PCR) analysis. Moreover, we observed the similar expression profile in nuclear-encoded subunit, biotin carboxylase (*accC*). This finding represents the genetic background of the expressed genes that correlate to high yield in plant and that ACCase can be used as a marker in the breeding program.

© 2008 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is a monocotyledonous plant of the palm family (Arecaceae), with a long life cycle and no natural vegetative reproduction. Oil palm is a species of particular economic importance as it provides one of the most important sources of vegetable oil for use in a wide range of edible products. The global production of palm oil in 2003–2004 was 29.1 million tons, second only in importance to soybean [1]. Because of the oil crisis, uses of palm oil will increase in the future because palm oil has the potential for use in the production of bio-diesel. Oil palm is cultivated in the inter-tropical regions of Asia, Latin America, and Africa. The preferred plants for cultivation are *tenera* hybrids (bearing fruits with shells of intermediate thickness). These originate from crosses between dura (thick shell) and pisifera (thin shell) types [2,3]. Due to a long selection cycle, poorly characterized genotypes and a high heterogeneity prevalent among hybrids, the use of modern breeding strategies with DNA marker-assisted breeding [4–6] is recommended for the improvement of crop quantities and qualities. There has been considerable work done to establish a genetic map for this species, notably by using RFLP, microsatellite and transposon markers [4,7–11]. In order to speed up the process of crop improvement, one possible marker looks up a key enzyme involved in fatty acid biosynthesis. Biochemical studies have indicated that the acetyl-CoA carboxylase (ACCase) gene product may be involved in the control of the lipid accumulation process [12]. The plant has two distinct forms of this enzyme: the homomeric and the heteromeric forms. In Arabidopsis, a homomeric form of ACCase is encoded by two genes: *ACC1* and *ACC2* [13]. ACC1 is present in the cytosol and ACC2 is predicted by bioinformatics tool to be present in the plastid [14]. The genome information of four subunits of heteromeric form are *accC* for a biotin carboxylase (BC), *accB* for biotin carboxyl carrier protein (BCCP), *accA* for α, and *accD* for β subunits of carboxyl

* Corresponding author at: Center for Genomics and Bioinformatics Research, Faculty of Science, Prince of Songkla University, 15 Karnjanavanit Road, Hat-Yai, Songkhla 90110, Thailand. Tel.: +66 74 288384; fax: +66 74 288384.
E-mail address: pamornra@yahoo.com (A. Phongdara).

0168-9452/$ – see front matter © 2008 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.
doi:10.1016/j.plantsci.2008.05.023

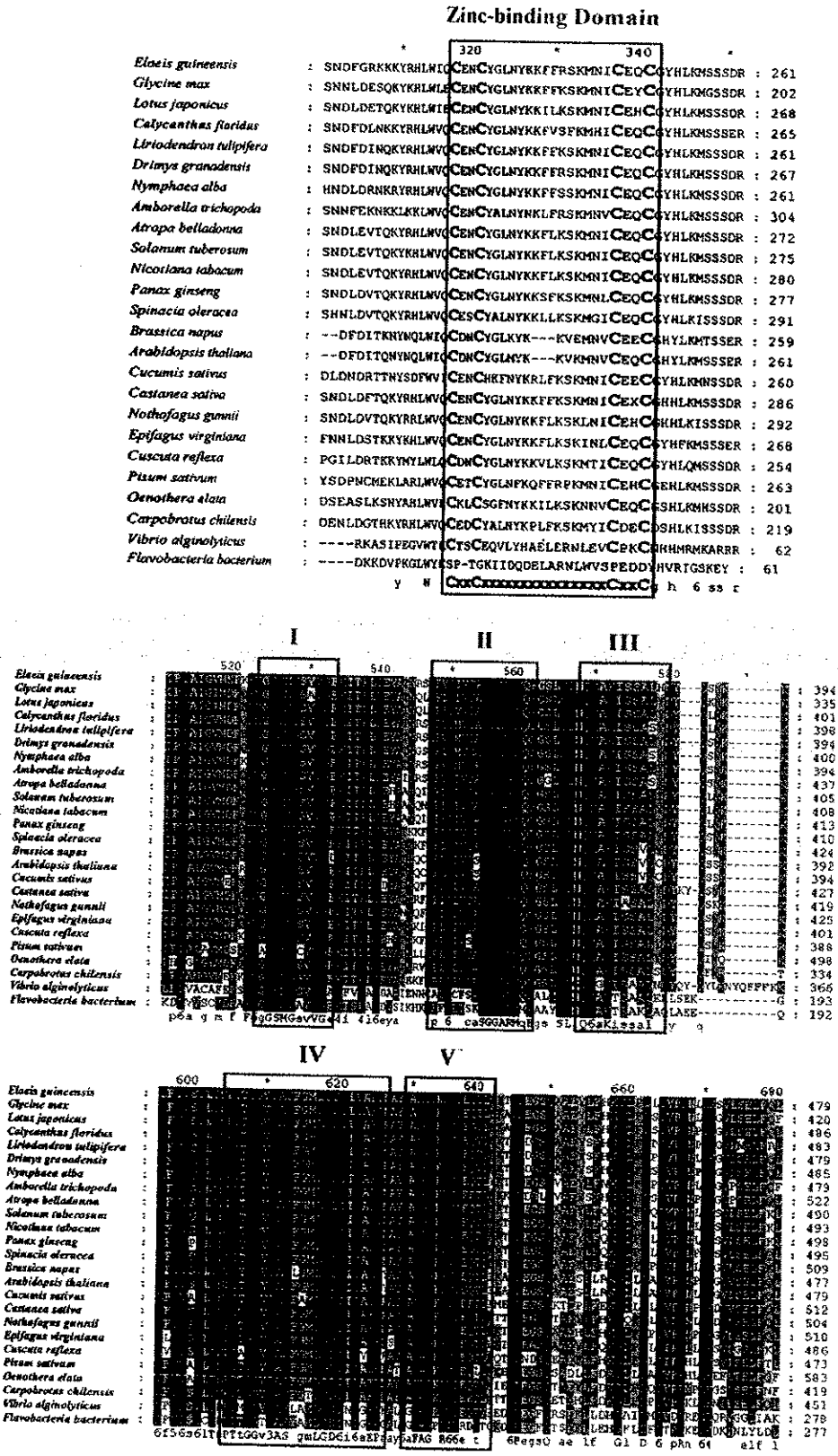


Fig. 1. Conserved zinc-binding domain (CX2CX15CX2C) and I–V motifs at the C-terminal amino acid sequence in plant accDs from oil palm (AAY86362; *Elaeis guineensis*) with that of other accD's. The species and corresponding accession number are as follows: *E. guineensis* (AAY86362), *Glycine max* (AAA80643), *Lotus japonicus* (BAB33205), *Calycanthus floridus* (NP_862763), *Liriodendron tulipifera* (YP_740211), *Drimys granadensis* (YP_784395), *Nymphaea alba* (CAF28602), *Amborella trichopoda* (CAD45116), *Atropa belladonna* (NP_783241), *Solanum tuberosum* (YP_635648), *Nicotiana tabacum* (NP_054508), *Panax ginseng* (YP_086975), *Spinacia oleracea* (CAB88738), *Brassica napus* (CAA9747), *Arabidopsis thaliana* (NP_051068), *Cucumis sativus* (ABI97426), *Castanea sativa* (AAS55872), *Nothofagus gunnii* (AAT79506), *Epifagus virginiana* (AAA65854),

transferase (CT). The plastid-encoded subunit, *accD*, draws our attention due to the fact that the *de novo* synthesis of fatty acids occurs in the plastids as mediated by ACCase. Recent studies showed that the tobacco *accD* gene was transformed into plastids causing an increase in the total ACCase levels and fatty acid content of the plastids [15]. The findings suggest that the *accD* gene product catalyses the rate limiting step for fatty acid biosynthesis and the expression of *accD* in plastids might limit the total levels of plastidic ACCase.

The aim of this study is to clone the *accD* gene and the other nuclear-encoded gene from oil palm (*E. guineensis* Jacq.), *accC*, and to investigate the relationship of the expression profile of these genes to plant productivity and oil production. The study focuses on the regulation of plant heteromeric ACCase and the results will benefit the breeding program in oil palm.

2. Materials and methods

2.1. Plant materials and total RNA isolation

Leaves of 15-year-old plants, and mesocarp, 12 weeks after anthesis (WAA) from oil palm fruits (*E. guineensis* Jacq., Tenera) were excised from plants for RNA extraction. Total RNA was extracted from 100 mg of young leaves with the RNeasy extraction Kit (Qiagen) and 80 mg of 12 WAA mesocarps of oil palm fruits using Trizol reagent (GIBCO BRL) according to the manufacturer's instructions. The contaminated genomic DNA was removed by DNaseI treatment. The total RNA obtained was used as a template for cDNA synthesis.

2.2. Cloning of accC and accD in E. guineensis by RT-PCR

A fragment of *accC* and *accD* was cloned by using reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR). Specific primers were synthesized with the following sequences by Life Technologies: *accC* sense primer 5′-TGA AGC ACC AAG CAG TCA ATC GTA TTT A-3′ and *accC* antisense primer 5′-AAA CTG TTC AGG TTC GTA AGC CAG AC-3′; *accD* sense primer 5′-CT ATA GCA ATT GGA GTT ATG AAT T-3′ and *accD* antisense primer 5′-CY GCT TGT GAA CCT TCR GGY AC-3′. For a housekeeping gene, 18S rRNA primers, 18sF: AAAGCAAGCC TACGCTCTGG and 18sR: CGCTCCACCAACTAA-GAACG, were used to amplify ribosomal gene in the RT-PCR experiments. Total RNA (1 μg each) from oil palm samples was used as the template in 50 μl of a one-step RT-PCR reaction mixture according to the manufacturer's instructions (Qiagen). The reaction was started at 50 °C for 30 min followed by an initial PCR activation step at 95 °C for 15 min, then 35 cycles at 94 °C for 1 min, 48 °C for 1 min and 72 °C for 1 min. The program was terminated by a 10-min incubation step at 72 °C. PCR products were separated on agarose gel, purified by using the QIAquick PCR purification kit (Qiagen) and then ligated to the pGEM-TEasy vector (Promega). The ligation mixture, containing product from the RT-PCR, was transformed into *Escherichia coli* Top 10 F′ competent cells, using a heat shock method.

2.3. Construction of full length cDNA of accC and accD gene

Rapid amplification of cDNA ends (RACE) was performed by using reagents of 5′ and 3′ RACE purchased from Life Technologies and the reactions were conducted according to their instruction manual (GIBCO BRL). Gene specific oligonucleotide primers for *accC* 5′RACE were as follows:

- 5′-TGGAATAAATAAATACGATTGACTGCTTG-3′
- 5′-CCCAATAAAGTTGATTCCATGCTCTTT-3′
- 5′-GCCAGGAAAGATCACATCATACTTGCC-3′
- 5′-CCAGGCTATGTGGTTCCTCCAAG-3′

Gene specific oligonucleotide primers for *accD* 5′ and 3′RACE were as follows:

- 5′-GCT CCT CCA GAA GCA CAC AC-3′
- 5′-GTA GCA TAC TCG ATC AAA CGG GTG-3′
- 5′-CTA CAG ATC CCA TAC TAC CTC CC-3′
- 5′-CTA CAG ATC CCA TAC TAC CT-3′
- 5′-CGA TCT CTA TAQ GGT TTC CCC TC-3′
- 5′-CGG ATC AAT CAA AAG TTC GAT TC-3′
- 5′-GCC TAC ATT GCA TTT GCG GGC-3′
- 5′-CAG TAC CCG AAG GTT CAC AAG CAG C-3′

The PCR products were separated on an agarose gel, purified by using the QIAquick PCR purification kit (Qiagen) and then ligated to pGEM-TEasy vector (Promega) for sequencing.

2.4. Semi-quantitative RT-PCR analysis

Samples of 15-year-old oil palm leaves and mesocarp of fruits 1–4 months after anthesis (with kernel inside) were used for the semi-quantitative RT-PCR analysis. Total RNA was treated with RQ1 RNase-free DNase (Promega) according to the manufacturer's instruction. Reverse transcription was carried out on 2-μg total RNA as template in a 25 μl reaction volume using the M-MLV reverse transcriptase (Promega) with a random primer. The synthesized cDNA was diluted in water at 500 ng/μl before proceeding to the semi-quantitative RT-PCR second-strand cDNA amplifications. To amplify a 394 base pair (bp) fragment of *accD*, both *accD* sense and *accD* antisense primers were used. On the other hand, 18S rRNA primers were used to amplify a PCR product of 530 bp in the RT-PCR experiments as an internal control of gene expression. Conditions for the PCR reaction were as follows: 1 cycle at 94 °C for 5 min, 28 cycles at 94 °C for 1 min, 48 °C for 1 min and 72 °C for 1 min. The program was terminated by a 10-min incubation step at 72 °C. The PCR products from the various experiments confirmed that it was in the linear range. Agarose gel electrophoresis and the intensity of bands were measured by densitometric analysis of the separated PCR products. Expressions of *accD* and *accC* transcripts at various stages of oil palm leaf life were analyzed and compared by using the intensity ratio of the *accD* and 18s rDNA bands with the Scion image program.

2.5. cDNA standards and real-time PCR

External controls consisted of cDNA standards for the *accD* gene. cDNA fragments were generated by RT-PCR using the same primers as given in the semi-quantitative RT-PCR analysis. These amplicons were purified using the QIAquick PCR purification kit (Qiagen) and cDNA fragment concentrations were measured with an optical density spectrophotometer. The corresponding copy number was calculated using the following equation: copy

Cuscuta reflexa (P31562), *Pisum sativum* (P18823), *Oenothera elata* (NP_084700), *Carpobrotus chilensis* (AAG32307), *Vibrio alginolyticus* 12G01 (ZP_01258871) and *Flavobacteria bacterium* BAL38 (ZP_01733429). Positions where the amino acid residue is conserved in 100%, 80% and 60% of sequences are highlighted in black, dark gray and light gray, respectively. Number I–V represents each conserve domain.

number = $9.1 \times 10^{11} \times$ (μg of cDNA standard)/size of cDNA in kb). Serial dilutions from the cDNA standard were used to generate a standard curve in the range of 10^1–10^{10}copy number. Real-time PCR was conducted by amplifying 0.5 μg of cDNA with the iQ™ SYBR® Green Super Mix (BIO RAD) on the MX3000P™ real-time detection system (STRATAGENE®). Amplification conditions were 94 °C for 5 min, followed by 40 cycles of 94 °C for 30 s, 48 °C (depending on gene) for 30 s, and 72 °C for 30 s. Melting curve analysis of amplification products was performed at the end of each PCR reaction to confirm that one single PCR product was detected by the SYBR Green dye. Quantities of specific mRNA in the samples were measured according to the corresponding gene specific standard curve. Quantification of the samples by the software MaxPro QPCR Software (STRATAGENE®) was calculated from the cycle-threshold (Ct) by interpolation from the standard curve, to yield a copy number of the target sample. In every PCR run, negative (no template) samples were processed as a routine quality control of the assay.

2.6. Sequencing and sequence analysis

The cDNA insert in the pGEM-TEasy vector was bidirectional sequenced by the dideoxynucleotide chain-termination method of Sanger et al. using the automated DNA sequencer (ABI Prism 377 DNA Sequencer) according to the manufacturer's instructions. Nucleotide and amino acid sequences were compared with the database using the BLAST network service at the National Center for Biotechnology Information (NCBI) (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/). Protein alignments were performed using the using ClustalX 1.81 software [16] and the alignment was used as an input file to the PHYLIP 3.57c package [17]. The phylogenetic analysis was performed by maximum parsimony using the PROTPARS program of the PHYLIP package. Support for the inferred groups was obtained by bootstrap analysis from 1000 replications of the data set using the SEQBOOT and CONSENSE programs. Phylogenetic tree was displayed using TreeView version 1.0 [18].

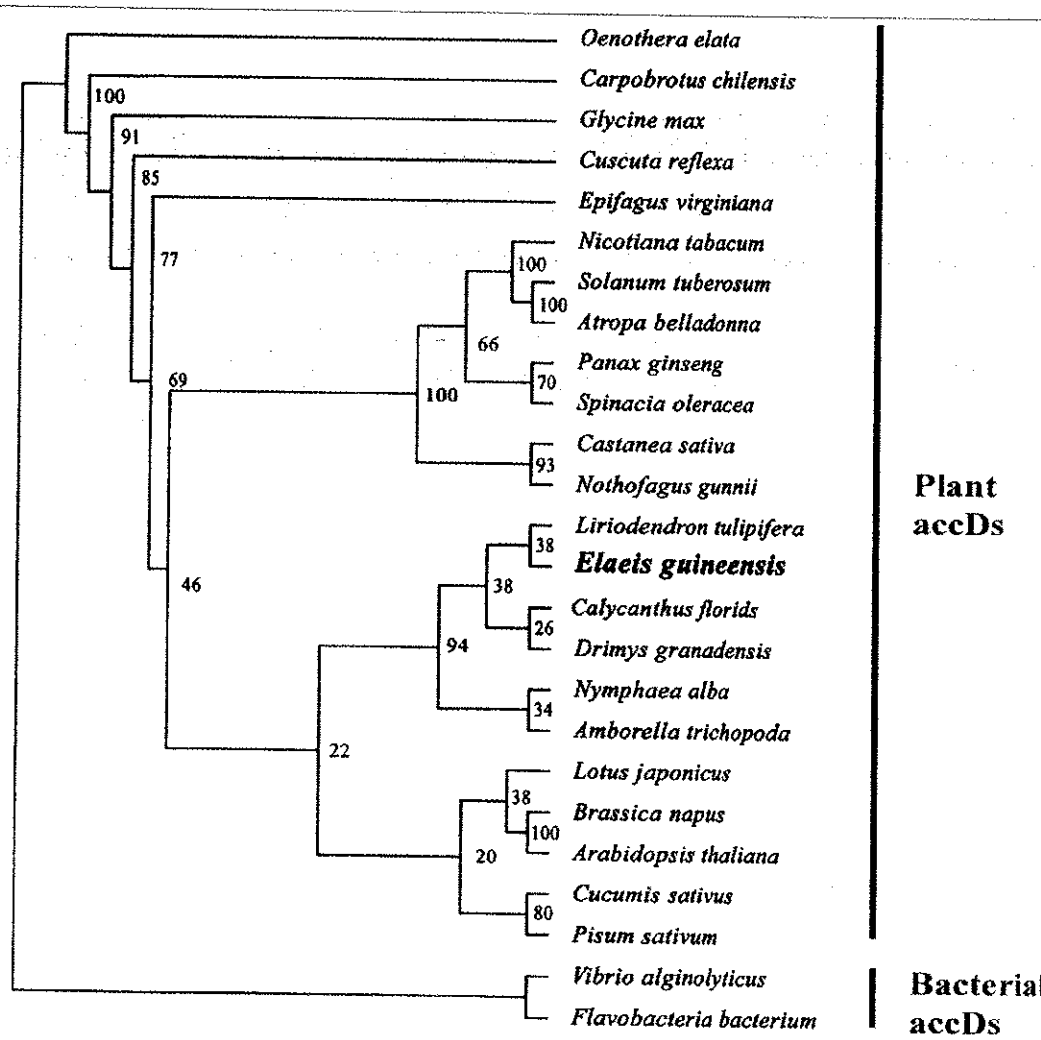


Fig. 2. Phylogenetic relationships of the deduced amino acid sequence in plant accDs was performed by maximum parsimony, the bootstrap support (SEQBOOT) for each branch (1000 replications) is shown. Bacterial accDs was used as the out group. The species and corresponding accession number are as follows: *O. elata* (NP_084700), *C. chilensis* (AAG32307), *G. max* (AAA80643), *C. reflexa* (P31562), *E. virginiana* (AAA65854), *N. tabacum* (NP_054508), *S. tuberosum* (YP_635648), *A. belladonna* (NP_783241), *P. ginseng* (YP_086975), *S. oleracea* (CAB88738), *C. sativa* (AAS55872), *N. gunnii* (AAT79506), *L. tulipifera* (YP_740211), *E. guineensis* (AAY86362), (NP_862763), *D. granadensis* (YP_784395), *N. alba* (CAF28602), *A. trichopoda* (CAD45116), *L. japonicus* (BAB33205), *B. napus* (CAA9747), *A. thaliana* (NP_051068), *C. sativus* (ABI97426), *P. sativum* (P18823), *V. alginolyticus* 12G01 (ZP_01258871) and *F. bacterium* BAL38 (ZP_01733429).

3. Results

3.1. Cloning and sequencing of cDNA encoding oil palm accD

The partial sequence of cDNA was obtained from an RT-PCR reaction of RNA isolated from oil palm leaves and mesocarp using *accD* sense and *accD* antisense primers. Sequence analysis shows that the PCR products from leaves and mesocarp are the same, that it is a 395 bp fragment encoding for proteins with a deduced peptide sequence of 130 amino acids. This sequence has the highest similarity (97%) to the accD sequence from *Spinacia oleracea* (NP_054945). Based on the sequence of the 395 bp fragment, a set of gene specific primers was designed to obtain the 5′ and 3′ ends followed by a 5′ and 3′ RACE protocol as described in Section 2. The full-length cDNA of *accD* gene in oil palm was found to be 1529 bp (DQ004687). This sequence had an open reading frame of 1479 bp starting with an initiation codon ATG at the position 51 and ending with a termination codon TAG at position 1529 and a 50 bp 5′ terminal. The encoded protein has 492 amino acid residues (AAY86362) with a predicted molecular mass of 55.47 kDa.

3.2. Amino acid sequence alignment of accD

The amino acid sequences of plant accD's were aligned with the deduced amino acid sequence of the accD from oil palm. There were no significant regions of homology evident in the N-terminal region of various accDs. There was a highly conserved region between amino acid 370 of plant accDs and the zinc-binding domain (CX2CX15CX2C) is located at the central part of plant accD gene products (Fig. 1). The amino acid sequence from oil palm had the highest similarity (83%) to the sequence of accD from *Drimys granadensis* (YP_784395) and *Liriodendron tulipifera* (YP_740211). Five-conserved motif sequences present in all plant accD's were also found in oil palm; (G/A)SMG(S/C)(V/A)VG, (V/L)(I/L)(I/M/L)V(C/S) (A/S)SGGARM QE, QM(A/G)KI(S/A)(S/A)(A/V)(L/S), PT(T/A)GGVTAS(F/L)(G/A)(M/T)LGDIII(A/T)EP, and FAGKR(V/I)IE(Q/E)(T/L)L (Fig. 1). The multiple alignment and PHYLIP analysis of oil palm accD with plastid accDs from plants and bacteria demonstrated that the oil palm accD sequence in this work is highly related to the plastid accDs (Fig. 2).

3.3. Semi-quantitative RT-PCR analysis

Six samples of oil palm leaves from individual plants were used for a semi-quantitative RT-PCR method with specific primers to *accD*, and 18S rDNA primers were used as an internal control to ensure that the RT-PCR for each sample contained the same amount of total RNA in all samples tested. Table 1 shows the productivity of the leaves of the individual palm trees used in this study. The productivity was determined from the average amount of fresh fruit bunch (kg/palm, abbreviation ffb/palm) collected over a period of 6 years. Samples were divided into two groups: Group 1 are the samples with low production (<40 ffb/palm) and Group 2, the samples with high production (>150 ffb/palm). The results of RT-PCR (Fig. 3A and B) demonstrated that the expression level of *accD* was high in high-productivity plants and low in low-productivity plants.

Table 1
The productivity of palm trees used in this study determined by the value of ffb/palm collected from each tree over a period of 6 years

Palm no.	FFB yield (kg/palm)						
	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Average
H1	273.00	232.10	162.70	136.40	199.40	167.50	195.18
H2	222.00	411.70	207.40	207.20	176.50	106.30	221.85
H3	311.60	157.70	135.80	128.50	177.80	62.00	162.23
L1	117.00	67.50	8.50	57.00	30.50	98.00	63.08
L2	24.80	ND	ND	ND	ND	18.50	21.65
L3	ND	ND	85.90	26.00	ND	ND	55.95

ND: Not determined.

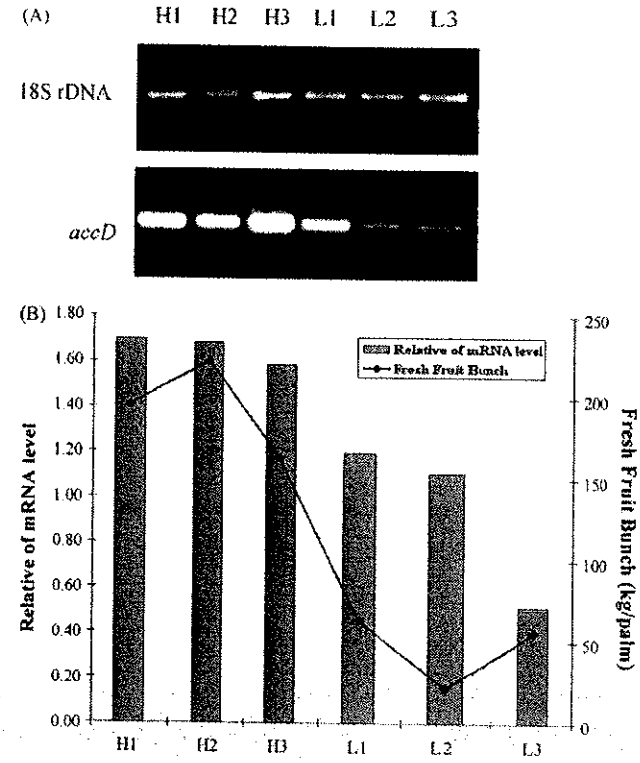


Fig. 3. (A) Semi-quantitative RT-PCR analysis of *accD* expression in six samples of oil palm leaves. The RT-PCR cycle number was selected to allow for linear amplification of the cDNA under study. 18S rDNA was amplified as a cDNA loading control and an ethidium bromide-stained rDNA gel is shown to confirm the integrity of the RNA sample. (B) The relative level of *accD* compared to 18S rDNA was calculated from the image using Scion Image software. The data represents the average values from three samples in each sample set.

3.4. Real-time quantitative PCR to analyze the expression levels of accD

The real-time quantitative PCR amplification of *accD* was performed with specific oligonucleotide primers using the first strand cDNAs prepared from RNA samples collected from oil palm leaves. The specificity of the amplified PCR products was determined by melting curve analysis, directly following real-time expression analysis. Sequencing of the amplified fragments confirmed the identity of the sequences to the previously assembled *accD* from oil palm. Fig. 4A shows the standard curve generated by serial dilutions from the cDNA of *accD* in the range of 10^6–10^9copy numbers. The standard curve was used to reveal the expression of *accD* levels of individual samples. Each sample had three replicates and all reactions were independently repeated twice to ensure the reproducibility of the results. The observed expression of *accD* by quantitative real-time PCR, as shown in Fig. 4B and C, demonstrated the high copy numbers of *accD* in high productivity plants and low copy numbers in low productivity plants. The expression level of *accD* at different stages of fruit development is compared by using RT-PCR and real-time PCR,

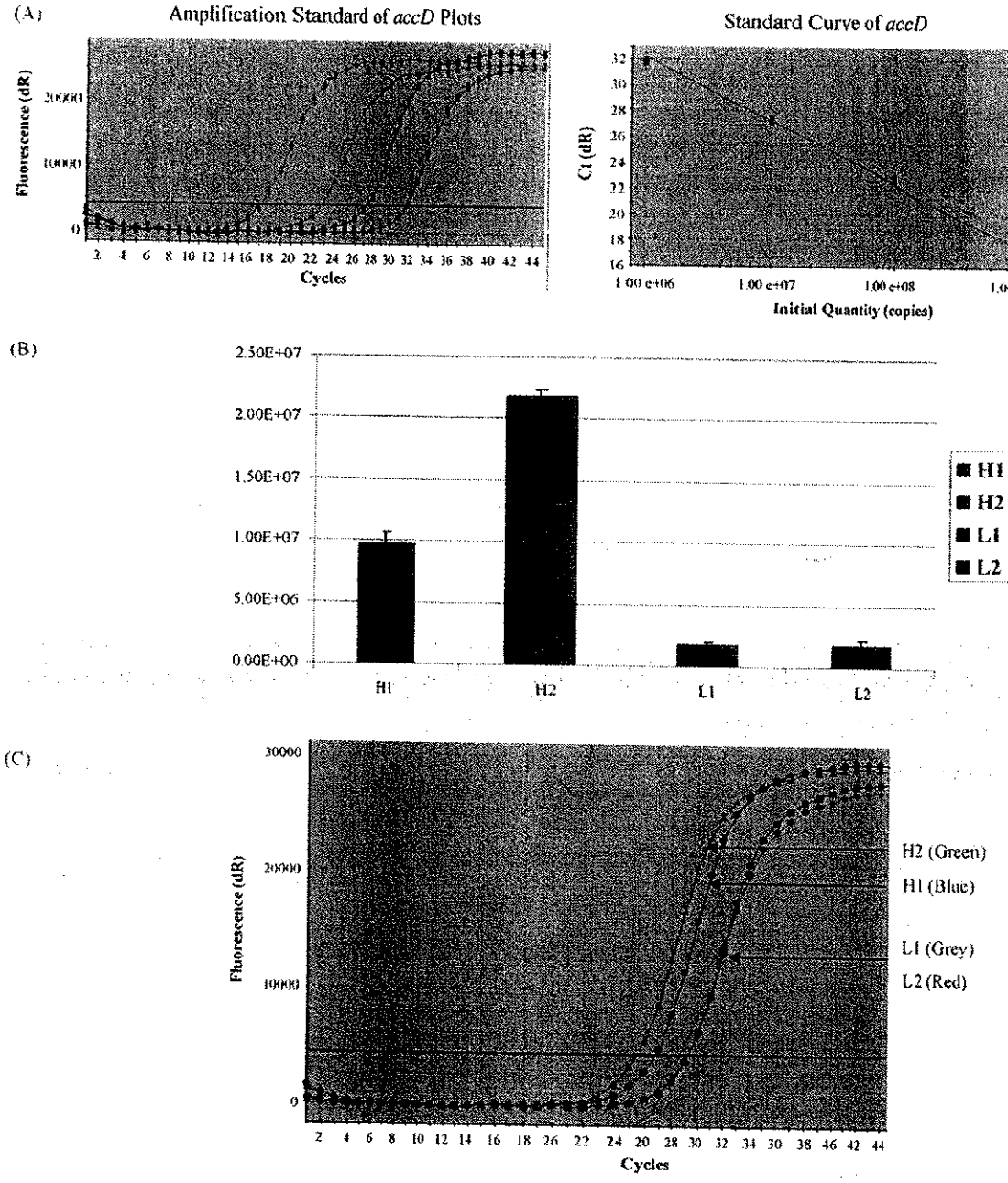


Fig. 4. (A) Concentration-dependent amplification of an *accD* cDNA standard, serially diluted by factors of 10, was amplified by real-time PCR. Crossing points (Cp) of each reaction were plotted against the initial concentration of nucleic acid in the reaction. A linear relationship was consistently observed with cDNA ranging from 10^5 to 10^9 copies. (B) The *accD* gene expression of two sample groups (high-productivity and low-productivity trees) by quantification RT-PCR assay. The crossing point (Cp) of each reaction was plotted against the initial concentration of nucleic acid in the reaction. (C) The observed expression of *accD* by real-time quantitative PCR in four samples of oil palm leaves.

which also demonstrates that there is a variation of the accD component mRNAs over the growth period of embryogenesis consistent with the oil production, i.e., oil content is higher in 4 month fruit than in 1–3-month-old fruit (Fig. 5).

3.5. Semi-quantitative PCR to analyze the expression levels of *accC*

The full-length cDNA of *accC* (DQ531848) was obtained by the same method that *accD* was cloned. Sequence analysis shows the highest homology of 93%, 91%, 90% and 57% to the accC sequence with BC protein from *Glycine max* (AAC23573), *Medicago truncatula* (ABE79204), *Arabidopsis thaliana* (AAK25989) and *Chloroflexus aurantiacus J-10-fl* (ZP_00766319). The comparative amount of *accC* transcript in H1-3 and L1-3, measured by semi-quantitative RT-PCR, corresponds to that observed in the *accD* transcript (Fig. 6).

4. Discussion

Acetyl CoA carboxylase is the enzyme found in all kingdoms of life except for the Archea, Chlamydomonas and several bacteria do not have acetyl-CoA carboxylases. It catalyzes the formation of malonyl-CoA from acetyl-coenzyme A (acetyl-CoA) and bicarbo-

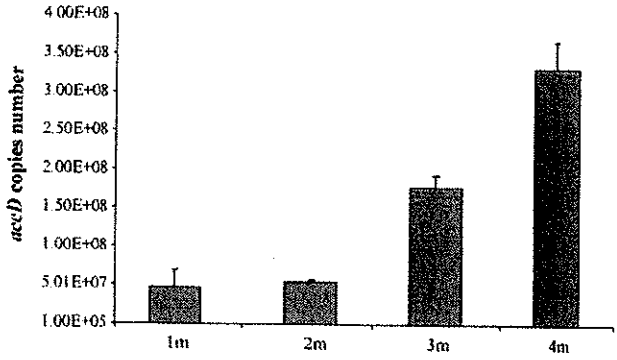


Fig. 5. The observed expression of *accD* by real-time quantitative PCR in four samples of oil palm fruits (1–4 months old).

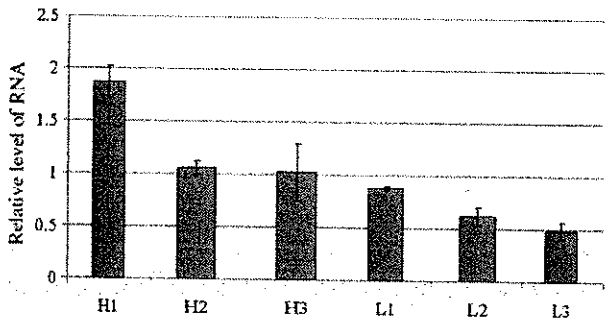


Fig. 6. The relative level of *accC* compared to 18S rDNA was calculated from the image using Scion Image software. The data represents the average values from three samples in each sample set.

nate in the first committed step of *de novo* fatty acid synthesis [19]. Two distinct types of ACCase enzymes are found in nature; an *E. coli*-type and an animal-type. In plants, there are two forms of ACCase: a heteromeric form in plastids that is similar to the *E. coli*-type [20] and a homomeric form in the cytosol that is similar to the animal-type. In plastids, the heteromeric ACCase plays an exclusive role in the biosynthesis of malonyl-CoA that provides the essential substrate for fatty acid synthesis containing up to 18 carbons [21,22]. This enzyme is composed of four subunits: the beta-carboxyltransferase (*accD*) subunit is encoded in the plastid genome while the biotin carboxy-carrier (*accB*), biotin carboxylase (*accC*) and alpha-carboxyltransferase (*accA*) subunits are encoded by the nuclear DNA [23,24]. The four genes of heteromeric ACCase are thought to be coordinately expressed [25]. Turnham and Northcote [26] reported that the ACCase is probably a rate-limiting step in fatty acid biosynthesis in embryogenic tissue cultures of oil palm. In a study of maize cell lines, ACCase was shown to have a role in regulating seed oil deposition [27,28]. Madoka et al. [15] demonstrated that the *accD* gene is essential for oil production. In Madoka's work, over-expression of the *accD* gene resulted in an increase in the ACCase levels in tobacco. The level of the *accD* subunit is a determinant of final ACCase levels, and this final enzyme level is in part controlled post-transcriptionally at the level of subunit assembly. The resultant transformants grew normally and the fatty acid content was significantly increased in leaves. The transformants displayed extended leaf longevity and had a twofold increase in seed yield over the control value, eventually almost doubling the fatty acid production per transformed plant relative to the control and wild-type plants. These findings offer a potential method for raising plant productivity and oil production.

Studies by quantitative trait loci (QTL) linkage analysis have indicated that the ACCase gene is linked to a QTL linkage group that has a major influence on the total lipid content of oat groats and maize [2,29–31]. In wheat plastids the ACCase genes are transcriptionally active in seedling leaves [32]. These reports bolster the hypothesis that ACCase has a major role in determining the oil content in crop plants and allelic variants at known genetic loci may be responsible for quantitative effects [28,33].

Our work here provides a report on the cloning and expression of the plastid-encoded *accD* gene and nuclear-encoded *accC* gene in oil palm. A 1479 bp and a 2399 bp fragment of *accD* and *accC* with an open reading frame of a putative protein of 492 and 619 amino acid residues, respectively were obtained. A multiple alignment and PHYLIP analysis of this oil palm accD allows us to conclude that our accD is like a plastid accD and is not like a homomeric ACCase. The RT-PCR analysis indicated apparent coordination in the *accD* expression levels during development of the 1–4 month fruit components. Samples used in this analysis were obtained from both low production plants (<40 ffb/palm) and high production plants (>150 ffb/palm). The amount of fresh fruit bunch/palm (ffb/palm) is the number that can be used to define the amount of oil production. By using the semi-quantitative RT-PCR technique, we demonstrated for the first time that a higher level of *accD* expression is correlated with the higher productivity and in turn to the oil content. The reliability of this data was confirmed by using real-time PCR analysis and the result strongly indicates that the expression level of *accD* is directly correlated to the plant's productivity. This is in accordance with several other works, i.e. over expression of the ACCase enzyme in tobacco leaves and in *Arabidopsis* seeds resulted in an increased amount of triacylglycerol [34,35]. When compared with the expression of nuclear-encoded ACCase subunits, the expression profile of the *accC* transcript is very similar to that of the *accD*. This finding suggests that subunit genes of heteromeric ACCase are coordinately expressed. It is interesting to see if we can use the ACCase gene and its allelic variants as one of the markers to assist with the breeding and selection of elite oil producing variants.

Acknowledgements

This work was supported in part by grants from the Graduate School and Center for Genomics and Bioinformatics Research, Prince of Songkla University. We thank Dr. Brian Hodgson for checking the manuscript and for his valuable comments.

References

[1] A. Mark, D. Erik, Oil Crop Situation and Outlook Yearbook Oil Crops Situation and Outlook Yearbook Market and Trade Economics Division, Economic Research Service, US Department of Agriculture (USDA), 2005, pp. 1–91.
[2] T.G. Berke, T.R. Rocheford, Quantitative trait loci for flowering, plant and ear height, and kernel traits in maize, Crop. Sci. 35 (1995) 1542–1549.
[3] M.C. Moretzsohn, C.D.M. Nunes, M.E. Ferreira, D. Grattapaglia, RAPD linkage mapping of the shell thickness locus in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), Theor. App. Genet. 100 (2000) 63–70.
[4] A. Hayati, R. Wickneswari, I. Maizura, Genetic diversity of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) germplasm collections from Africa: implications for improvement and conservation of genetic resources, Theor. Appl. Genet. 108 (2004) 1274–1284.
[5] P.L. Jack, T.A.F. Dimitrijevic, S. Mayes, Assessment of nuclear, mitochondrial in addition, chloroplast RFLP markers in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), Theor. Appl. Genet. 90 (1995) 643–649.
[6] S. Jouannic, X. Argout, F. Lechauve, C. Fizames, A. Borgel, F. Morcillo, F. Aberlenc-Bertossi, Y. Duval, J. Tregear, Analysis of expressed sequence tags from oil palm (*Elaeis guineensis*), FEBS Lett. 579 (2005) 2709–2714.
[7] N. Billotte, N. Marseillac, A.M. Risterucci, B. Adon, P. Brottier, F.C. Baurens, R. Singh, A. Herran, H. Asmady, C. Billot, P. Amblard, T. Durand-Gasselin, B. Courtois, D. Asmono, S.C. Cheah, W. Rohde, E. Ritter, A. Charrier, Microsatellite-based high-density linkage map in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), Theor. Appl. Genet. 110 (2005) 754–765.

[8] S. Mayes, C.M. James, S.F. Horner, P.L. Jack, R.H.V. Corley, The application of restriction fragment length polymorphism for the genetic fingerprinting of oil palm (*E. guineensis* Jacq.), Mol. Breed. 2 (1996) 175–180.
[9] S. Mayes, P.L. Jack, D.F. Marshall, R.H.V. Corley, Construction of a RFLP genetic linkage map for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), Genome 40 (1997) 116–122.
[10] S. Mayes, P.L. Jack, R.H.V. Corley, The use of molecular markers to investigate the genetic structure of an oil palm breeding program, Heredity 85 (2000) 288–293.
[11] Z. Price, F. Dumortier, W. MacDonald, S. Mayes, Characterisation of copia-like retrotransposons in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), Theor. Appl. Genet. 104 (2002) 860–867.
[12] J.B. Ohlrogge, J.G. Jaworski, Regulation of fatty acid synthesis, Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 48 (1997) 109–136.
[13] Y. Yanai, T. Kawasaki, H. Shimida, E. Wurtele, Genomic organization of 251 kDa acetyl-COA carboxylase genes in Arabidopsis-tandem gene duplication has made two differentially expressed isozymes, Plant Cell Physiol. 36 (1995) 779–787.
[14] O. Emanuelsson, H. Nielsen, S. Brunak, G. Von Heijne, Predicting subcellular localization of proteins based on their N-terminal amino acid sequence, J. Mol. Biol. 300 (2000) 1005–1016.
[15] Y. Madoka, K. Tomizawa, J. Mizoi, I. Nishida, Y. Nagano, Y. Sasaki, Chloroplast transformation with modified *accD* operon increases acetyl CoA carboxylase and causes extension of leaf longevity and increase in seed yield in tobacco, Plant Cell Physiol. 43 (2002) 1518–1525.
[16] J.D. Thompson, D.G. Higgins, T.J. Gibson, CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, positions-specific gap penalties and weight matrix choice, Nucleic Acids Res. 22 (1994) 4673–4680.
[17] J. Felsenstein, PHYLIP (Phylogeny Inference Package) Version 3. 5 c, Distributed by the Author, Department of Genetics, University of Washington, Seattle, USA, 1993.
[18] R.D.M. Page, TreeView: an application to display phylogenetic trees on personal computers, Comput. Appl. Biosci. 12 (1996) 357–358.
[19] A.R. Ashton, C.L. Jenkins, P.R. Whitfeld, Molecular cloning of two different cDNA for maize acetyl CoA carboxylase, Plant Mol. Biol. 24 (1994) 35–49.
[20] Y. Sasaki, K. Hakamada, Y. Suama, Y. Nagano, I. Furusawa, R. Matsuno, Chloroplast-encoded protein as a subunit of acetyl-COA carboxylase in pea plant, J. Biol. Chem. 268 (1993) 25118–25123.
[21] T. Konishi, Y. Sasaki, Compartmentalization of two forms of acetyl-CoA carboxylase in plants and the origin of their tolerance toward herbicides, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 91 (1994) 3598–3601.
[22] Y. Sasaki, Y. Nagano, Plant acetyl-CoA carboxylase: structure, biosynthesis, regulation, and gene manipulation for plant breeding, Biosci. Biotechnol. Biochem. 68 (2004) 1175–1184.
[23] J.K. Choi, F. Yu, E.S. Wurtele, B.J. Nikolau, Molecular cloning and characterization of the cDNA coding for the biotin containing subunit of the chloroplast acetyl-coenzyme A carboxylase, Plant Physiol. 109 (1995) 619–625.
[24] J. Ke, J.K. Choi, M. Smith, H.T. Horner, B.J. Nikolau, E.S. Wurtele, Structure of the *CAC1* gene and in situ characterization of its expression: the *Arabidopsis thaliana* gene coding for the biotin containing subunit of the plastidic acetyl-coenzyme A carboxylase, Plant Physiol. 113 (1997) 357–365.
[25] J. Ke, T.N. Wen, B.J. Nikolau, E.S. Wurtele, Coordinate regulation of the nuclear and plastidic genes coding for the subunits of the heteromeric acetyl-coenzyme a carboxylase, Plant Physiol. 122 (2000) 1057–1071.
[26] E. Turnham, D.M. Northcote, The use of acetyl CoA carboxylase activity and changes in wall composition as measures of embryogenesis in tissue cultures of oil palm (*Elaeis guineensis*), Biochem. J. 208 (1982) 323–332.
[27] W.B. Parker, D.A. Somers, D.L. Wyse, R.A. Keith, J.D. Burton, J.W. Gronwald, B.G. Gengenbach, Selection and characterization of sethxoydim-tolerant maize tissue cultures, Plant Physiol. 92 (1990) 1220–1225.
[28] D.A. Somers, R.A. Keith, M.A. Egli, L.C. Marshall, B.G. Gengenbach, J.W. Gronwald, D.L. Wyse, Expression of the *Acc1* gene encoded acetyl-coenzyme-A carboxylase in developing maize (*Zea mays* L.) kernels, Plant Physiol. 101 (1993) 1097–1101.
[29] S.F. Kianian, M.A. Egli, R.L. Phillips, H.W. Rines, D.A. Somers, B.G. Gengenbach, F.H. Webster, S.M. Livingston, S. Groh, L.S. O'Donoughue, M.E. Sorrells, D.M. Wesenberg, D.D. Stuthman, R.G. Fulcher, Association of major groat oil content QTL and an acetyl-CoA carboxylase gene in oat, Theor. Appl. Genet. 98 (1999) 884–894.
[30] R. Alrefai, T.G. Berke, T.R. Rocheford, Quantitative trait locus analysis of fatty acid concentrations in maize, Genome 38 (1995) 894–901.
[31] K.L. Van Dee, Evidence for two independently segregating loci encoding acetyl CoA carboxylase in *Zea may*, M.Sc. Thesis, University of Minnesota, St. Paul, MN, 1994.
[32] P. Gornicki, J. Faris, I. King, J. Podkowinski, B. Gill, R. Haselkorn, A single gene on each of the three ancestral chromosome sets encodes plastid-localized acetyl-CoA carboxylase of bread wheat, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 94 (1997) 14179–14184.
[33] D.S. Robertson, A possible technique for isolating genetic DNA for quantitative traits in plants, J. Theor. Biol. 117 (1985) 1–10.
[34] P. Bouvier-Navé, P. Benveniste, P. Oelkers, S.L. Sturley, H. Schaller, Expression in yeast and tobacco of plant cDNAs encoding acyl CoA: diacylglycerol acyltransferase, Eur. J. Biochem. 267 (2000) 85–96.
[35] A. Jako, Y. Kumar, J. Wei, D.L. Zou, E.M. Barton, P.S. Giblin, D.C. Covello, Taylor, Seed-specific over-expression of an arabidopsis cDNA encoding a diacylglycerol acyltransferase enhances seed oil content and seed weight, Plant Physiol. 126 (2001) 861–874.