อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร ในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

Heritability and Correlation of Agronomic Characters in Tenera Oil Palm Varieties

พิลาลักษณ์ โพธิ์เพชร

Pilalak Popet

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Plant Science
Prince of Songkla University
2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร ในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

Heritability and Correlation of Agronomic Characters in Tenera Oil Palm Varieties

พิลาลักษณ์ โพธิ์เพชร

Pilalak Popet

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Plant Science
Prince of Songkla University
2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

ผู้เขียน นางสาวพิลาลักษณ์ โพธิ์เพชร

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ดร.จักรัตน์ อโณทัย)

คณะกรรมการสอบ

……..ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย หวังวโรดม)

…….....กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

…….....กรรมการ

(ดร.จักรัตน์ อโณทัย)

…….....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศ บรรเทิง)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

……..

(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....
(ดร.จักรัตน์ อโณทัย)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ.....
(นางสาวพิลาลักษณ์ โพธิ์เพชร)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวพิลาลักษณ์ โพธิ์เพชร)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

ผู้เขียน นางสาวพิลาลักษณ์ โพธิ์เพชร

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจให้ผลผลิตน้ำมันต่อพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ การรวบรวมพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่นิยมใช้เป็นพันธุ์การค้าในประเทศไทยจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของนักปรับพันธุ์ในการสร้างประชากรใหม่จากการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ในแปลงรวบรวมเชื้อพันธุกรรม เพื่อสร้างลูกผสมที่มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ดี ต้านทานโรค เพิ่มผลผลิตน้ำมัน และผลผลิตทะลาย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน ประเมินอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และการวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 4 ปี จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ หนองเป็ด สุราษฎร์ธานี 2 โกลด์เด้นเทเนอรา ยังแกมบิ ทรัพย์ม.อ.1 และยูนิวานิช ปลูกที่ศูนย์รวบรวมพันธุ์ปาล์มน้ำมัน มูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดตรัง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 3 บล็อก ทำการเก็บข้อมูลทุก 4 เดือน ระยะเวลา 1 ปี ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นส่วนใหญ่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ยกเว้นความสูงลำต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่าอยู่ระหว่าง 2.16 – 5.61% ปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นดีที่สุด รองลงมา คือ ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ม.อ.1 ส่วนลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ยกเว้น จำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย เนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผลมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่าอยู่ระหว่าง 8.28 – 16.66% ปาล์มน้ำมันพันธุ์ยังแกมบิให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และจำนวนทะลายสูงที่สุด ในขณะที่ปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะองค์ประกอบทะลายส่วนใหญ่สูง การวิเคราะห์อัตราพันธุกรรมแบบกว้างของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นอยู่ในระดับ

ปานกลางถึงสูง (h^2_b = 44.82 – 90.91%) โดยความยาวใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ และน้ำหนักแห้งใบมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง ซึ่งค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ต่อค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และการวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักทะลายเฉลี่ย ได้แก่ พื้นที่ใบ ความหนาโคนก้านใบ และน้ำหนักแห้งใบ (r_p = 0.69**, 0.55* และ 0.49* ตามลำดับ) อีกทั้งมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมสูง ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง ได้แก่ ลักษณะจำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย เนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผล (h^2_b = 62.98 – 69.91%) ส่วนน้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อในเฉลี่ย และเนื้อปาล์มสด/ผลอยู่ในระดับปานกลาง (h^2_b = 36.31 – 58.34%) ลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญและมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตทะลาย ได้แก่ จำนวนทะลาย (r_p = 0.75**) ลักษณะผล/ทะลาย น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด และน้ำมัน/ผลมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์อย่างมีนัยสำคัญในทางบวกและมีอิทธิพลทางตรง ทางอ้อมต่อน้ำมัน/ทะลาย (r_p = 0.56*, 0.82** และ 0.98** ตามลำดับ) ส่วนลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกและมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมต่อผลผลิตน้ำมัน ได้แก่ ผลผลิตทะลาย และน้ำมัน/ทะลาย (r_p = 0.79** และ 0.34 ตามลำดับ) การใช้ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลางถึงสูงร่วมกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์และการวิเคราะห์เส้นทางจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกลักษณะที่ต้องการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีประสิทธิภาพสูง

Thesis Title Heritability and correlation of agronomic characters in tenera oil palm varieties

Author Miss Pilalak Popet

Major Program Plant Science

Academic Year 2020

ABSTRACT

Oil palm is a more economically important crop, in terms of oil yield than other oil crops. Tenera oil palm is a commercially popular variety in Thailand. Some breeders to base population by selecting parents in germplasm collections to create hybrids that have adaptations to the natural environment, resistance to diseases, a large fresh fruit bunch, and high oil yield. The objectives of this study were to analyze variance, estimate broad-sense heritability (h^2_b), phenotypic correlation coefficient (r_p) and path analysis among vegetative characteristics, oil yield, bunch yield and bunch components of four- year old tenera oil palm varieties. The chosen varieties were Nongped (NP), Surat Thani 2 (ST2), Golden Clonal Tenera (GT), Yangambi (YG), Prince of Songkhla University (PSU-1) and Univanich (UN), and were planted at Oil Palm Collection Center, The Chaipattana Foundation, Trang. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD) with three blocks, with data collect every four months for one year. The results showed significant differences of vegetative characteristics among varieties except height (H), which was not significantly different. Coefficient of variation (C.V.%) ranged from 2.16 - 5.61%. The UN gave the best mean of vegetative characteristics, with second best being the PSU–1. The oil yield, bunch yield and bunch components had no significant differences among varieties, except the height bunch number (BN), average bunch weight (ABW), average kernel weight (AKW), kernel/bunch (K/B) and kernel/fruit (K/F), which were significantly different, and the C.V. ranged from 8.28 – 16.66%. The YG gave the highest mean oil yield (OY), fresh fruit bunch (FFB) and

BN, while the UN had the most bunch components. Broad-sense heritability values of vegetative characteristics were moderate to high (h^2_b = 44.82 - 90.91%) of which leaflet length (LL), leaf area (LA), rachis length (RL), petiole width (PW), petiole depth (PD) and leaf dry weight (LDW) were high. The broad-sense heritability values correspond to the ratio to genotypic coefficient of variation and phenotypic coefficient of variation (GCV/PCV). Phenotypic correlation coefficient and path analysis, characteristics had a positive significant phenotypic correlation with ABW including LA, PD and LDW (r_p = 0.69**, 0.55* and 0.49*, respectively), and had high direct and/or indirect effects. Broad-sense heritability values of BN, ABW, K/B and K/F were high (h^2_b = 62.98 – 69.91%), while average fruit weight (AFW), AKW and wet mesocarp/fruit were moderate (h^2_b = 36.31 – 58.34%). The characteristics of oil yield, bunch yield and bunch components had a positive significant phenotypic correlation and direct effect on FFB including BN (r_p = 0.75 **). Fruit/bunch (F/B), oil/wet mesocarp (O/WM) and oil/fruit (O/F) had a positive significant phenotypic correlation and direct and/or indirect effects on oil/bunch (O/B) (r_p = 0.56**, 0.82** and 0.98**, respectively). The characteristics were positive phenotypic correlation and direct and/or indirect effects on OY including FFB and O/B (r_p = 0.79** and 0.34, respectively). Moderate to high broad-sense heritability was used in conjunction with phenotypic correlation coefficient and path analysis, to assist with identification of characteristics that are useful as selection criteria, or high efficiency improvement of oil palm.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.จักรัตน์ อโณทัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนการตรวจสอบเนื้อหาและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย หวังวโรดม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปรเมศ บรรเทิง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ จากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ การสนับสนุนการวิจัยทุนพัฒนาบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563 ขอขอบคุณ มูลนิธิชัยพัฒนาที่ได้มอบพื้นที่เป็นศูนย์รวบรวมเชื้อพันธุ์และทดสอบพันธุ์ปาล์มน้ำมันการค้าของประเทศไทย

ขอขอบคุณ บุคลากรสาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ วิชาเอกพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จ

ท้ังนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพิเชฏฐ โพธิ์เพชร คุณแม่อุบลรัตน์ โพธิ์เพชร และพี่ชายนายหริพงษ์ โพธิ์เพชร ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจในยามที่ท้อถอยจนสำเร็จการศึกษาครั้งนี้

พิลาลักษณ์ โพธิ์เพชร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	14
บทที่ 2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	15
บทที่ 3 ผลและวิจารณ์	26
บทที่ 4 สรุป	62
เอกสารอ้างอิง	65
ประวัติผู้เขียน	70

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจำแนกความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันออกเป็น 5 ระดับ	9
2	สมบัติทางเคมีของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกปาล์มน้ำมัน	9
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์	21
4	ข้อมูลสภาพอากาศของพื้นที่ อ.เมือง จ.ตรัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 – 2563	26
5	ปริมาณธาตุอาหารในดินของแปลงรวบรวบพันธุ์ปาล์มน้ำมัน	28
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	30
7	ค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	33
8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลายและองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	35
9	ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตน้ำมัน และผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	37
10	ค่าเฉลี่ยของลักษณะองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	39
11	องค์ประกอบความแปรปรวน อัตราพันธุกรรมกว้าง และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	41
12	องค์ประกอบความแปรปรวน อัตราพันธุกรรมกว้าง และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	44
13	สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	49
15	การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังจำนวนทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	51
16	การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังน้ำหนักทะลายเฉลี่ยในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	53
17	สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	56
18	การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตทะลายไปยังผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	57
19	การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะองค์ประกอบทะลายไปยังน้ำมัน/ทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	59
20	การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายไปยังผลผลิตน้ำมันในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์	61

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังแสดงแพทโคเอฟฟิเชี่ยนท์ของตัวแปรอิสระ 3 ตัว	24

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในภาคใต้ เป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ เช่น พืชตระกูลถั่ว เป็นต้น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2563) รายงานว่า ในปี 2562 พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นจากปี 2561 คิดเป็น 4.66% และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปี 2563 คิดเป็น 3.71% (5.81 ล้านไร่) ในส่วนของสถานการณ์การผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสอดคล้องกันพื้นที่ปลูกที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งปัจจุบันมีการส่งเสริมการใช้น้ำมันปาล์มดิบเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า รวมทั้งมีส่งเสริมการใช้น้ำมันดีเซล B10 เป็นน้ำมันเกรดพื้นฐาน ดังนั้น ปาล์มน้ำมันยังคงเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ การศึกษาก่อนหน้ามีการเปรียบเทียบปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา (tenera) ทั้งในสถานที่เดียวกัน และในหลายสถานที่เพื่อทดสอบการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ (กาญจนา และคณะ, 2557; เกริกชัย และคณะ, 2558 และเอกรินทร์ และธีระ, 2558) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงได้มีการรวบรวมพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่นิยมใช้เป็นปาล์มน้ำมันพันธุ์การค้าในภาคใต้ เนื่องจากมีลักษณะกะลาบาง เนื้อปาล์ม/ผลสูงกว่าปาล์มน้ำมันพันธุ์ดูรา (dura) และพิสิเฟอรา (pisifera) ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตน้ำมันต่อพื้นที่ การเปรียบเทียบลูกผสมเทเนอราสำหรับหาลูกผสมปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย ความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ดี และการต้านทานโรคซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้เป็นการสร้างประชากรใหม่ในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์จากแปลงรวบรวมเชื้อพันธุกรรมเพื่อสร้างลูกผสมโดยเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ ได้แก่ น้ำมัน/ผล น้ำมัน/ทะลาย และผลผลิตทะลายซึ่งลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้ยังมีลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ลักษณะผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายที่มีผลต่อลักษณะที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ เนื่องจากลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่เป็นลักษณะเชิงปริมาณที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ส่งผลให้มีความ

แปรปรวนสูงอันเนื่องจากพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ทำให้เป็นการยากต่อการคัดเลือกเพื่อให้ได้ลักษณะที่ต้องการและมีเสถียรภาพ ดังนั้น การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์เส้นทางจึงมีความสำคัญเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกลักษณะที่ต้องการ ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะไปยังรุ่นลูก ค่าอัตราพันธุกรรมมักจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงขึ้นอยู่กับพันธุกรรม อายุและสภาพแวดล้อมที่ปลูก การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของลักษณะแต่ละคู่ ซึ่งความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเกิดจากยีนกลุ่มเดียวกันควบคุมสองลักษณะหรือยีนควบคุมลักษณะอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์บอกถึงอิทธิพลรวม ดังนั้น การวิเคราะห์เส้นทางจะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของลักษณะอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมต่อลักษณะที่ให้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์

การศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราควบคู่กับการประเมินอัตราทางพันธุกรรมแบบกว้าง สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อผลผลิตน้ำมันของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจการกำหนดลักษณะที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ และเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันในอนาคต

ตรวจเอกสาร

1. ถิ่นกำเนิดและพันธุกรรมของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันอยู่ในวงศ์ปาล์ม Palmae หรือ Arecaceae สกุล *Elaeis* สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1) ***Elaeis guineensis*** **Jacq.** หรือเรียกว่า African oil palm เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อการค้า มีถิ่นกำเนิดบริเวณชายฝั่งตะวันตกของทวีปแอฟริกา รวมทั้งบริเวณตอนกลางทวีปแอฟริกาตะวันตก ลักษณะลำต้นทรงกระบอกตั้งตรง ไม่ทอดนอน บริเวณโคนต้นมีขนาดใหญ่กว่าส่วนบน (ธีระ, 2558) สามารถจำแนกตามความหนาของกะลาได้ 3 แบบ (Corley and Tinker, 2003) ได้แก่

- ดูรา ลักษณะกะลาหนา 2 - 8 มม. เนื้อปาล์ม/ผล 35 – 65% ไม่มีเส้นใยรอบกะลา ใช้เป็นแม่พันธุ์

- พิสิเฟอรา ลักษณะกะลาเป็นเยื่อบาง มีเส้นใยรอบกะลา ใช้เป็นพ่อพันธุ์โดยทั่วไปมักจะเป็นหมัน

- เทเนอรา เป็นลูกผสมระหว่างแม่ดูราและพ่อพิสิเฟอรา มีลักษณะกะลาบาง 0.5 – 4 มม. เนื้อปาล์ม/ผล 55 – 96% มีเส้นใยรอบกะลา นิยมใช้เป็นพันธุ์การค้า

2) ***Elaeis oleifera*** หรือเรียกว่า American oil palm มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ลักษณะลำต้นเตี้ยตั้งตรง ทอดนอน ไม่นิยมใช้เป็นพันธุ์การค้า เนื่องจากมีการเจริญเติบโตช้า ผลขนาดเล็ก ผลผลิตน้ำมันต่ำ (ธีระ, 2558)

3) ***Elaeis odora*** มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ ลักษณะใกล้เคียงกับ *E. oleifera* ช่อดอกเพศเมียมีลักษณะผิดปกติ ยังไม่มีรายงานการนำมาใช้ประโยชน์ (ธีระ, 2558)

2. ลักษณะพฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ผสมพันธุ์แบบผสมข้าม มีโครโมโซมจำนวน 32 แท่ง (2n = 32) มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ดังนี้

2.1 ราก (root) ปาล์มน้ำมันมีระบบรากแบบรากฝอย (fibrous root system) แบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่

- รากชุดที่หนึ่ง (primary roots) เกิดบริเวณฐานของลำต้นที่อยู่ใต้ระดับผิวดินเล็กน้อย มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 – 10 มม. ความยาวรากประมาณ 19 ม. การหยั่งรากแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบแนวดิ่งลง (vertical descending primary roots) ทำหน้าที่ช่วยค้ำจุนพยุงลำต้น และแบบแนวระดับ (horizontal primary roots) ทำหน้าที่ในการดูดซับน้ำและแร่ธาตุ

- รากชุดที่สอง (secondary roots) เกิดจากชั้นเนื้อเยื่อเพอริไซเคิลของรากชุดที่หนึ่งแบบแนวระดับมากกว่าแนวดิ่ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 – 4 มม. ความยาวรากสั้นกว่ารากชุดที่หนึ่ง ทิศทางการแตกแขนงของรากชุดที่สองจะทำมุมตั้งฉากกับรากชุดที่หนึ่ง แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบแนวดิ่งขึ้น (vertical ascending secondary roots) ซึ่งจะพัฒนาเจริญขึ้นไปจนถึงผิวดิน และแบบแนวดิ่งลง (vertical descending secondary roots)

- รากชุดที่สาม (tertiary roots) เกิดจากชั้นเนื้อเยื่อเพอริไซเคิลของรากชุดที่สองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 – 1.5 มม. ความยาวประมาณ 20 ซม. รากชุดที่สามมีทิศทางการเจริญเติบโตแบบไม่มีทิศทาง

- รากชุดที่สี่ (quaternary roots) เกิดจากชั้นเนื้อเยื่อเพอริไซเคิลของรากชุดที่สามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 – 0.5 มม. ความยาวประมาณ 3 ซม. รากชุดนี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้

ปาล์มน้ำมันมีรากพิเศษ คือ รากอากาศ (aerial roots) กำเนิดจากเนื้อเยื่อเอพิเดอร์มิส และเนื้อเยื่อไฮโปเดอร์มิสของลำต้นเหนือจากพื้นดินตั้งแต่ 1 ม. ลงมา รากอากาศที่ทำมุมเฉียงกับลำต้น เรียกว่า รากค้ำจุน (prop roots) เนื้อเยื่อส่วนใหญ่ของรากนี้เป็นเซลล์พาเรงคิมา ทำหน้าที่จับและแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างรากและอากาศ เนื่องจากรากนี้มีแถบรูอากาศ (pneumatophore) มากกว่ารากชุดอื่น ๆ

2.2 ลำต้น (stem) ปาล์มน้ำมันมีลำต้นตั้งตรงรูปร่างคล้ายทรงกระบอก ประกอบด้วย ข้อ (node) และปล้อง (internode) แต่ละข้อจะมีหนึ่งใบเวียนรอบต้น บริเวณปลายยอดลำต้นมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดซึ่งถูกหุ้มด้วยกลุ่มใบอ่อนที่ยังไม่คลี่มีลักษณะตั้งตรงและแหลม เรียกว่า ใบธง (spear) ส่วนฐานของกลุ่มใบอ่อน เรียกว่า ยอดอ่อนปาล์ม ความสูงของลำต้นจะเพิ่มขึ้นประมาณ 30 – 60 ซม./ปี การเจริญเติบโตของลำต้นมีความแปรปรวนมากขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

2.3 ใบ (leave) ใบปาล์มน้ำมันพัฒนามาจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด จำนวนใบของปาล์มอายุ 2 - 4 ปี ประมาณ 30 – 40 ใบ/ปี เมื่อปาล์มอายุมากกว่า 8 ปี จำนวนใบจะลดลงเป็น 20 – 24 ใบ/ปี ลักษณะการเวียนของใบ แบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ การเรียงตัวแบบเวียนซ้าย (left – hand phyllotaxy) และแบบการเรียงตัวแบบเวียนขวา (right – hand phyllotaxy) ใบปาล์มน้ำมันเป็นใบเดี่ยวแบบขนนก (pinnately compound leaf) ประกอบด้วย

- ก้านใบ มีลักษณะสั้นกว่าแกนกลางใบ แต่ขนาดใหญ่กว่า บริเวณฐานก้านใบมีสีที่แปรปรวนจากพันธุกรรม เช่น สีเขียว เหลือง – เขียว

- แกนกลางใบ เมื่อตัดตามขวาง พบว่า มีลักษณะสมมาตร แกนกลางด้านบนมีความโค้งน้อยกว่าด้านล่าง ขอบด้านข้างเป็นที่เกิดของใบย่อย

- ใบย่อย เกิดจากการแยกตัวออกจากแผ่นใบระหว่างการยืดแกนกลางใบ มีลักษณะการเรียงตัวแบบสลับบนล่าง และทำมุมตั้งฉากกับแกนกลางใบ จำนวนใบย่อยประมาณ 250 – 300 ใบย่อย/ใบ ซึ่งมีความแปรปรวนจากพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

2.4 ช่อดอกและดอก (inflorescence and flower) ปาล์มน้ำมันมีช่อดอกเพศเมีย (female Inflorescence) และช่อดอกเพศผู้ (male Inflorescence) อยู่บนต้นเดียวกัน (monoecious) ช่อดอกเกิดจากตาดอกบริเวณซอกมุมใบ ตาดอกจะพัฒนาแป็นช่อดอกเพศเมียหรือเพศผู้ บางครั้งอาจเป็นช่อดอกผสม คือ ทั้งช่อดอกย่อยเพศเมียและเพศผู้ในช่อดอกเดียวกัน หรือดอกสมบูรณ์เพศ คือมีการพัฒนาเป็นดอกเพศเมียหรือเพศผู้พร้อมกันในช่อดอกเดียวกัน

- ช่อดอกเพศเมีย ประกอบด้วย กาบหุ้มช่อดอก ก้านช่อดอก กลีบประดับ ช่อดอกย่อยและดอกเพศเมีย

- ช่อดอกเพศผู้ ส่วนประกอบเหมือนกับช่อดอกเพศเมีย แต่มีก้านช่อดอกที่ยาวกว่า และช่อดอกย่อยรูปร่างยาว ปลายแหลมคล้ายนิ้วมือ

2.5 **ทะลายและผล** (bunch and fruit) ทะลายพัฒนามาจากช่อดอกเพศเมีย โดยใช้เวลาประมาณ 6 เดือนในการพัฒนาจนถึงระยะสุกแก่ การสุกของผลเริ่มจากส่วนฐานช่อดอกขึ้นไปส่วนปลาย และผลที่อยู่ด้านนอกสุกก่อนผลที่อยู่ด้านในช่อดอกย่อย ผลด้านในมักจะเป็นผลที่ไม่ได้รับการผสมเกสร (parthenocarpic fruit) ผลผลิตทะลายปาล์มไม่ควรต่ำกว่า 12 ทะลาย/ต้น/ปี น้ำหนักทะลายเฉลี่ยประมาณ 10 – 30 กก. โดยจะขึ้นอยู่กับช่วงอายุ เมื่อปาล์มอายุมากขึ้นจำนวนทะลายจะน้อยลงแต่ขนาดทะลายใหญ่ขึ้น ลักษณะสีผลปาล์มสามารถจำแนกเป็น 3 แบบ ได้แก่

- แบบนีเกรสเซ็น (nigrescens) ผลดิบมีสีม่วงเข้มถึงดำ เมื่อสุกผลจะเปลี่ยนเป็นสีส้มอ่อน

- แบบเวอเรสเซ็น (virescens) ผลดิบมีสีเขียว เมื่อผลสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถึงสีส้มอ่อน

- แบบอัลเบสเซ็น (albescens) ผลดิบมีสีเขียวเข้ม เมื่อผลสุกมีสีเหลืองอ่อนหรือสีจาง เนื่องจากในส่วนของเนื้อปาล์มมีปริมาณแคโรทีนต่ำ เป็นแบบที่พบน้อยที่สุดในปาล์มน้ำมัน

2.6 **เมล็ด (seed)** เมล็ดปาล์มน้ำมันประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่

- กะลา (endocarp) มีลักษณะแข็งและมีเส้นใยเป็นแนวยาวอยู่รอบ ปลายกะลามีรูสำหรับงอกจำนวน 3 รู ความแปรปรวนของความหนากะลาควบคุมด้วยยีนเดี่ยว ได้แก่ พิสิเฟอรามียีนแบบ homozygous ($sh^{-}sh^{-}$) ไม่มีกะลา ดูรายีนแบบ homozygous ($sh^{+}sh^{+}$) กะลาหนา 2 ถึง 8 มม. และเทเนอรายีนแบบ heterozygous ($sh^{+}sh^{-}$) กะลาบาง 0.5 – 4 มม. (Kumar *et al*., 2018)

- เนื้อในเมล็ด (endosperm) ทำหน้าที่สะสมไขมันและคาร์โบไฮเดรต เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับต้นกล้า

- เอ็มบริโอ (embryo) อยู่ใกล้กับรูสำหรับการงอก ประกอบด้วย รากอ่อน ยอดอ่อน และใบเลี้ยง

3. ลักษณะของปาล์มน้ำมันพันธุ์การค้า

ประเทศไทยมีแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ดีของทางราชการ ได้แก่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี บริษัทเอกชนของประเทศไทย เช่น บริษัทยูนิวานิช จังหวัดกระบี่ บริษัทเปารงค์ ออยล์ปาล์ม จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช และห้างหุ้นส่วนจำกัด โกลด์เด้นเทเนอรา จังหวัดกระบี่ และมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ ประเทศคอสตาริก้า ปาปัวนิวกินี ไอวอรีโคสต์ แซร์ เบนิน มาเลเซียและอินโดนีเซีย ปาล์มน้ำมันพันธุ์การค้าในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ เช่น

- พันธุ์ทรัพย์ม.อ.1 (PSU-1) เป็นพันธุ์ลูกผสมเทเนอราจากแม่พันธุ์ดูรา และพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา (Deli dura × AVROS pisifera) เริ่มให้ผลผลิตทะลายเก็บเกี่ยวได้เมื่อปาล์มอายุ 36 เดือนหลังจากปลูกลงแปลง ลักษณะทั่วไป คือ ทะลายมีรูปร่างกลมรี มีหนามสั้น สีผลปาล์มที่ยังไม่สุกมีสีดำ และเปลี่ยนเป็นสีแดง-ส้ม เมื่อผลสุกเต็มที่ ผลมีรูปร่างผลกลมรี ลักษณะพิเศษ คือ ผลผลิตทะลายและผลผลิตน้ำมันสูง เนื้อในเมล็ดมีขนาดปานกลาง และเป็นพันธุ์ที่มีพันธุกรรมที่สามารถปรับตัวเข้ากับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และสภาพแห้งแล้ง ความยาวทางใบค่อนข้างสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ปลูกในประเทศไทย (ธีระ, 2558)

- พันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 (Surat Thani 2) เป็นพันธุ์ลูกผสมเทเนอรา ที่ได้จากการผสมพันธุ์พันธุ์แม่ดูรากับพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา (Deli dura × La Me pisifera) ลักษณะผลผลิตก้านทะลายยาว ผลดิบสีดำ เมื่อสุกผลมีสีส้มแดง กะลาหนา ให้ผลผลิตในแต่ละปีสม่ำเสมอ สามารถปลูกได้ในพื้นที่เหมาะสม คือเป็นพื้นที่ราบ น้ำขัง ดินร่วน การระบายน้ำค่อนข้างดี pH 4.0 - 6.0 พื้นที่เหมาะสมมากนั้นคือเป็นพื้นที่ราบ น้ำไม่ท่วมขัง ดินร่วนเหนียว การระบายน้ำดี pH 4.5 - 5.5 และสามารถปลูกได้ในพื้นที่เหมาะสมปานกลางคือเป็นพื้นที่ลานเท ดินร่วนปนทราย แต่ภายใต้การให้น้ำในช่วงแล้ง (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2563)

- พันธุ์ยูนิวานิช (Univanich) เป็นพันธุ์ลูกผสมเทเนอราจากแม่พันธุ์ดูรากับพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา (Deli dura × Yangambi pisifera) ของเอกชน บริษัทยูนิวานิชน้ำมันปาล์ม จำกัด (Univanich, 2007)

4. ปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

4.1 ภูมิอากาศ

4.1.1 ปริมาณน้ำฝน ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 2,000 – 2,500 มม./ปี แต่ละเดือนควรมีปริมาณฝนมากกว่า 100 มม. (Goh, 2000; Hartley 1988)

4.1.2 อุณหภูมิ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันอยู่ระหว่าง 24 – 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดไม่ควรต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดไม่ควรเกิน 33 องศาเซลเซียส

4.1.3 ปริมาณแสง ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5 – 7 ชม./วัน หรือรังสีดวงอาทิตย์ 15 เมกะจูล/ม.^{2}/วัน (Goh, 2000; Hartley 1988)

4.1.4 ความชื้นสัมพัทธ์ ควรมากกว่า 85% ตลอดทั้งปี

4.1.5 ความเร็วลม ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ไม่ทนต่อลมแรง ต้องการลมพัดอ่อน ๆ ในช่วงที่มีแดดแรงจะช่วยให้ปากใบเปิด เพื่อระบายความร้อน หากลมแรงปากใบจะปิดเพื่อลดการสูญเสียน้ำส่งผลให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (นวรัตน์, 2558) ดังนั้น ความเร็วลมที่เหมาะสมควรน้อยกว่า 15 ม./วินาที

4.2 ภูมิประเทศ

พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมีความลาดชันที่ดีที่สุดไม่ควรเกิน 12 - 20° (ตารางที่ 1) (Hartley, 1988) พื้นที่เนินเขาที่มีความชันมากกว่า 20° ควรมีการปลูกพืชคลุมดินและทำขั้นบันไดกว้างประมาณ 4 ม. เพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับการกัดเซาะหน้าดิน นอกจากนี้พื้นที่เนินเขายังมีปัญหาเกี่ยวกับปริมาณแสงที่ได้รับในแต่ละวันและความเร็วลม (Corley and Tinker, 2003) สำหรับพื้นที่ราบควรมีการทำคูน้ำลึกประมาณ 1 ม. ทุก ๆ 4 แถวของปาล์ม เพื่อระบายน้ำในแปลง สำหรับพื้นที่ลุ่มควรยกร่องแปลงปลูก (ธีระ และธีระพงศ์, 2558)

4.3 สมบัติของดิน

สมบัติของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกปาล์มน้ำมันควรเป็นดินร่วนปนเหนียว ชั้นหน้าดินลึกมากกว่า 75 ซม. ค่า pH อยู่ระหว่าง 4.0 – 6.5 ความเค็มน้อยกว่า 2 dS/m เนื้อดินสามารถระบายน้ำได้ระดับปานกลาง ส่วนดินที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกปาล์มน้ำมัน คือ ดินทรายร่วนถึงดินทราย ดินลูกรัง มีชั้นหน้าดินลึกน้อยกว่า 30 ซม. ความเค็มมากกว่า 3 ระบายน้ำได้เร็ว

หรือช้ามากเกินไป ทำให้สามารถดูดยึดธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อพืชน้อย ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารปริมาณมาก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องให้ธาตุอาหารเพิ่มเติมเพื่อรักษาปริมาณธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต (ตารางที่ 2) (ธีระ และธีระพงศ์, 2558)

ตารางที่ 1 การจำแนกความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันออกเป็น 5 ระดับ

Topography	Suitability class				
	highly suitable	moderately suitable	marginally suitable	unsuitable	not suitable
Slope (%)	0 - 12	12 - 23	23 - 38	38 - 50	> 50
Slope (°)	0 - 6°	6 - 12°	12 - 20°	20 - 26°	> 26°

ที่มา: ดัดแปลงจาก ธีระ (2558)

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกปาล์มน้ำมัน

Soil chemical properties	Level of nutrients in soil			
	very low	low	moderate	high
pH (1 : 5 soil : H_2O)	< 3.50	4.00	4.20	5.50
Organic carbon (%)	< 0.80	1.20	1.50	2.50
Total nitrogen (%)	< 0.80	0.12	0.15	0.25
Total phosphorus (mg/kg)	< 120	200	250	400
Available phosphorus (mg/kg)	< 8	15	20	25
Exchangeable potassium (cmol/kg)	< 0.08	0.20	0.25	0.30
Exchangeable magnesium (cmol/kg)	< 0.08	0.20	0.25	0.30
Available copper (mg/kg)	< 4	< 5	5	> 6
Cation exchange capacity (cmol/kg)	<6	12	15	18

ที่มา: Rankine และ Fairhurst (1998)

5. **อัตราพันธุกรรม** (heritability, h^2)

อัตราพันธุกรรม หมายถึง สัดส่วนของความแปรปรวนของพันธุกรรมและความแปรปรวนที่เกิดขึ้นทั้งหมด ประโยชน์ของอัตราพันธุกรรมใช้ทำนายความก้าวหน้าในการคัดเลือกลักษณะ หรือการตอบสนองต่อการคัดเลือก โดยจะบอกให้ทราบว่าลักษณะใดมีความสามารถในการถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่สู่รุ่นลูกได้มากน้อยเพียงใด ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูง การปรับปรุงพันธุ์จะเกิดขึ้นได้เร็วมีความสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้สูง เนื่องจากได้รับอิทธิพลของยีนมาก ส่วนลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ เนื่องจากลักษณะนั้นมียีนควบคุมจำนวนมากและมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูง การปรับปรุงพันธุ์จะเกิดขึ้นได้ช้า (พีระศักดิ์และประเสริฐ, 2548) ค่าอัตราพันธุกรรมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad sense heritability) และค่าอัตราพันธุกรรมแบบแคบ (narrow sense heritability) (ธีระ และวัชรินทร์, 2543)

ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลางถึงสูง บ่งบอกว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นเหล่านี้มากกว่าอิทธิพลของสภาพแวดล้อม Marhalil และคณะ (2013) ศึกษาใน MPOB – Nigerian dura x AVROS pisifera 11 คู่ผสม และ Arolu และคณะ (2017) ปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อให้ผลผลิตสูงโดยใช้ Deli *dura* x Nigerian *pisifera* พบว่า ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ได้แก่ ความยาวทางใบ ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย ความสูงลำต้น และพื้นที่ใบมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลางถึงสูง (h^2_b = 36.44 – 68.07% และ 48.44 – 72.72% ตามลำดับ) Noh และคณะ (2010) ศึกษาประสิทธิภาพทางพันธุกรรมของ Deli dura x AVROS pisifera 40 คู่ผสม พบว่า ความยาวทางใบ และความยาวใบย่อยมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลาง (h^2_b = 40.40 และ 43.40% ตามลำดับ) บ่งบอกว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะดังกล่าวมากว่าอิทธิพลของสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์จีโนไทป์ต่อฟีโนไทป์ (GCV/PCV = 44.10 และ 46.60% ตามลำดับ) ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นอื่น ๆ เช่น ความกว้างใบย้อย จำนวนใบย่อย และพื้นที่ใบ เป็นต้น มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับค่า GCV/PCV ที่ต่ำ เช่นเดียวกับ Rafii และคณะ (2013) รายงานว่า ความยาวทางใบมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลาง แต่ความสูงลำต้นอยู่ในระดับต่ำ (h^2_b = 42.90 และ 23.53% ตามลำดับ) ในปาล์มน้ำมันลูกผสม dura x pisifera 15 คู่ผสม

ลักษณะผลผลิตทะลายและองค์ประกอบทะลายมีอัตราพันธุกรรมต่ำ เนื่องจากเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่มีการควบคุมโดยยีนจำนวนมาก และยังมีความแปรผันต่อสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความเครียดน้ำหรือปุ๋ยที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของปาล์มน้ำมัน อาจส่งผลให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากช่อดอกเพศเมียมีประสิทธิภาพการผสมเกสรต่ำ (Corley and Tinker, 2003) Noh และคณะ (2010) รายงานว่า ลักษณะผลผลิตทะลาย (ผลผลิตทะลาย จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย) มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (h^2_b = 2.08, 8.70 และ 13.00% ตามลำดับ) Marhalil และคณะ (2013); Rafii และคณะ (2013); Arolu และคณะ (2017) รายงานว่า ผลผลิตทะลายมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (h^2_b = 9.07 และ 13.96% ตามลำดับ) แต่จำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลางถึงสูง (h^2_b = 42.62 – 100% และ 22.68 – 43.93% ตามลำดับ) Sapey และคณะ (2015) รายงานว่า ลักษณะผลผลิตทะลายทุกลักษณะมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง (h^2_b = 77.06 – 96.98%) ซึ่งลักษณะอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูงไม่ได้เป็นลักษณะที่ดีในการคัดเลือกเสมอไป เพราะความแปรปรวนทางพันธุกรรมแบบไม่เป็นผลบวกสูง (Okwuagwu *et al*. (2008) ในส่วนของลักษณะองค์ประกอบทะลายมีการรายงานว่าลักษณะองค์ประกอบทะลายมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (h^2_b = 0.00 – 21.6%, 9.10 – 28.80% และ 15.63 – 20. 64% ตามลำดับ) (Noh *et al*., 2010; Marhalil *et al*., 2013; Rafii *et al*., 2013) ส่วน Arolu และคณะ (2017) รายงานว่าลักษณะองค์ประกอบทะลายมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลาง (h^2_b = 36.16 – 58.48%)

อัตราพันธุกรรมแบบกว้างของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่เกี่ยวกับผลผลิตน้ำมันโดย Noh และคณะ (2010); Marhalil และคณะ (2013); Rafii และคณะ (2013) รายงานว่าผลผลิตน้ำมันของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรามีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (h^2_b = 11.00, 24.17 และ 13.34% ตามลำดับ) ในขณะที่ Arolu และคณะ (2017) รายงานว่า ผลผลิตน้ำมันของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรามีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลาง (h^2_b = 39.44%)

6. **สหสัมพันธ์** (correlation coefficient, r)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวก ($r > 0$) หมายความว่าตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ตัวแปรที่สองเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นลบ ($r < 0$) หมายความว่าตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นแต่ตัวแปรที่สองจะให้ผลตรงกันข้าม หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ ($r = 0$) หมายความว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีช่วงอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ +1 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองจะมีความสัมพันธ์เชิงบวก หากตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น ตัวแปรที่สองจะเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันตามอัตราส่วนที่เท่ากัน ในทางตรงกันข้ามหากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -1 ตัวแปรจะมีความสัมพันธ์เชิงลบ หรือมีความสัมพันธ์แบบผกผัน หากตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นอีกตัวแปรจะลดลงตามอัตราส่วนที่เท่ากันในทางตรงกันข้ามซึ่งกันและกัน โดยพิจารณาความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99% เท่านั้น (Franzese and Iuliano, 2019) วัตถุประสงค์หลักของการปรับปรุงพันธุ์ คือ เพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลผลิตทะลายและองค์ประกอบทะลายได้รับอิทธิพลอย่างมากจากสภาพแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้จึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาจีโนไทป์ปาล์มน้ำมันที่มีลักษณะจำนวนทะลาย ผลผลิตทะลาย และน้ำมัน/ผลที่สูงขึ้น เพื่อให้ผลผลิตน้ำมันที่เพิ่มขึ้น

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตทะลาย Marhalil และคณะ (2013) รายงานว่า ผลผลิตทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น แสดงให้เห็นว่าการเลือกลักษณะผลผลิตทะลายจะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของผลผลิตและลักษณะทางการเกษตร Rafii และคณะ (2013) รายงานว่า ความสูงลำต้นมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตทะลายและน้ำหนักทะลายเฉลี่ย

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตทะลายและผลผลิตทะลายซึ่ง วศะพงศ์ และธีระ (2553); Marhalil และคณะ (2013); Rafii และคณะ (2013); Sapey และคณะ (2015) รายงานว่า การคัดเลือกเพื่อให้ได้ผลผลิตทะลายสูงควรเน้นที่ลักษณะจำนวนทะลายสูงและน้ำหนักทะลายเฉลี่ยปานกลาง เนื่องจากผลผลิตทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับจำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเฉลี่ย แต่จำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับน้ำหนักทะลายเฉลี่ย ดังนั้น จึงเป็นการยากที่จะคัดเลือกลักษณะที่ดีทั้งสองลักษณะพร้อมกัน

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและลักษณะผลผลิตทะลายกับผลผลิตน้ำมัน วศะพงศ์ และธีระ (2553) ศึกษาอัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา พบว่า ขนาดลำต้น ความยาวใบย่อย พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตน้ำมัน ส่วนผลผลิตทะลาย จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตน้ำมัน (วศะพงศ์ และธีระ, 2553; Marhalil *et al*., 2013; Rafii *et al*., 2013)

7. การวิเคราะห์เส้นทาง (path coefficient)

การวิเคราะห์เส้นทาง มีวัตถุประสงค์เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ทำให้ทราบอิทธิพลของตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตามมากน้อยเพียงใด เพื่อดูรูปแบบของปัจจัยบางตัวที่อิทธิพลทางตรง (direct effect) วัดไม่ได้ และทำให้ทราบว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีความสำคัญมากน้อย ผลจากการวิเคราะห์สามารถบอกอิทธพลรวม (total effect) ของแต่ละคู่ความสัมพันธ์ และปัจจัยอื่น ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ได้แก่ อิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) (สุรพล, 2536) Xianhai และคณะ (2016) ศึกษาการประเมินเชื้อพันธุ์ปาล์มน้ำมันทนหนาวที่ให้ผลผลิตสูงในจีน พบว่า จำนวนช่อดอกมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตทะลาย ซึ่งสอดคล้องกับการมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตทะลาย Shi และคณะ (2019) ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันต่อผลและการประเมินเชื้อพันธุกรรมในปาล์มน้ำมัน พบว่า เนื้อปาล์มต่อผลและปริมาณน้ำมันต่อเนื้อปาล์มมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อปริมาณน้ำมันต่อผล สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณน้ำมันต่อผล

8. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

8.1 เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

8.2 เพื่อศึกษาอัตราพันธุกรรมแบบกว้างของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

8.3 เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และการวิเคราะห์เส้นทางสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 วัสดุพืช

ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ ได้แก่ หนองเป็ด สุราษฎร์ธานี 2 โกลด์เด้นเทเนอรา ยังแกมบิ ทรัพย์ม.อ.1 และยูนิวานิช อายุ 4 ปี ปลูกในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2558

1.2 วัสดุ

1. มีดคัตเตอร์
2. ถุงพลาสติก
3. ถุงกระดาษ

1.3 อุปกรณ์

1. เวอร์เนีย
2. ตลับเมตร
3. ขวาน
4. ตะกร้าพลาสติก
5. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
6. เครื่องชั่งสปริง
7. ตู้อบ
8. ขวดแก้วแช่ตัวอย่าง

1.4 สารเคมี

1. น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91

2. วิธีการดำเนินการทดลอง

การศึกษาอัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราได้ทำการทดลองที่ศูนย์รวบรวมพันธุ์ปาล์มน้ำมัน มูลนิธิชัยพัฒนา จ.ตรัง พื้นที่ตั้งอยู่ที่ละติจูด 7°39'34.8" เหนือ ลองจิจูด 99°36'01.2" ตะวันออก และความสูงจากระดับน้ำทะเล 37 ม. วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) 3 บล็อก จำนวน 30 ต้น/บล็อก (6 แถว ๆ ละ 5 ต้น) ระยะปลูก 9 x 9 x 9 เมตร โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 4 เดือนระยะเวลา 1 ปี โดยเก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลาย

3. การบันทึกข้อมูล

3.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน และความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งปีของพื้นที่ อ.เมือง จ.ตรัง ระหว่างปี พ.ศ. 2558 – 2563 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศจากกลุ่มบริการสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา สำนักบริการดิจิทัลอุตุนิยมวิทยา

3.2 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดิน

การเก็บตัวอย่างดินระหว่างการทดลองในเดือนตุลาคม พ.ศ.2562 ที่ 2 ระดับ ได้แก่ ดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0 – 30 ซม. และดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 30 – 60 ซม. โดยส่งตัวอย่างดินที่เพื่อวิเคราะห์ความเป็นกรด – ด่าง อินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3.3 ข้อมูลลักษณะทางการเกษตรปาล์มน้ำมัน

การบันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตร โดยใช้ทางใบที่ 17 เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. จำนวนใบย่อย (leaflet number, LN) โดยการนับจำนวนใบย่อยรวมทั้งสองข้าง หน่วยวัดเป็นจำนวน/ใบ

2. ความยาวใบย่อย (leaflet length, LL) ตัวอย่างใบย่อยอยู่บริเวณ 3/5 ของความยาวทางใบ หรือสังเกตจากสันของกลางใบเริ่มเปลี่ยนจากสันเรียบเป็นสันเหลี่ยม โดยความยาวใบย่อยเริ่มวัดจากส่วนโคนถึงปลายใบย่อย หน่วยวัดเป็น ซม.

3. ความกว้างใบย่อย (leaflet width, LW) ใช้ตัวอย่างใบเดียวกับความยาวใบย่อย โดยความกว้างใบย่อยวัดบริเวณกึ่งกลางใบย่อย หน่วยวัดเป็น ซม.

4. ความยาวทางใบ (rachis length, RL) โดยวัดจากรอยแยกระหว่างก้านใบกับแกนกลางใบจะสังเกตได้จากใบย่อยสุดท้ายมีแผ่นใบเล็ก ๆ วัดถึงส่วนปลายของแกนกลางใบที่เป็นมุมของใบย่อยสุดท้ายที่อยู่ส่วนปลายใบที่มีการคลี่ของใบย่อยไม่สมบูรณ์ หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร

5. ความกว้างโคนทางใบ (petiole width, PW) โดยวัดความกว้างบริเวณรอยแยกระหว่างก้านใบกับแกนกลางใบ หน่วยวัดเป็น ซม.

6. ความหนาโคนทางใบ (petiole depth, PD) โดยวัดความหนาบริเวณเดียวกับความกว้างโคนทางใบ หน่วยวัดเป็น ซม.

7. ความสูงลำต้น (height, H) วัดจากบริเวณผิวดินโคนต้นถึงรอยแยกระหว่างก้านใบและแกนกลางใบของใบที่ 1 โดยวัดความกว้างบริเวณรอยแยกระหว่างก้านใบกับแกนกลางใบ หน่วยวัดเป็น ม.

8. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (trunk diameter, TD) โดยวัดขนาดลำต้นเหนือระดับผิวดิน 1 เมตร หน่วยวัดเป็น ซม.

9. พื้นที่ใบ (leaf area, LA) ปาล์มน้ำมันอายุ 1-8 ปีคำนวณโดยสมการของ Henson (1993) ดังนี้

$$LA = -0.25 + 0.455 (n * l * w)$$

เมื่อ LA = พื้นที่ใบ (ตร.ม.)

โดย n = จำนวนใบย่อย (จำนวน/ใบ)

l = ค่าเฉลี่ยความยาวใบย่อย (ซม.)

w = ค่าเฉลี่ยความกว้างใบย่อย (ซม.)

10. น้ำหนักแห้งใบ (leaf dry weight, LDW) สามารถคำนวณโดยใช้สมการดังนี้ (Corley *et al.*, 1971)

LDW = 0.1023P + 0.2062

เมื่อ LDW = น้ำหนักแห้งใบ (กก.)

โดย P = ผลคูณของความกว้างโคนทางใบ (ซม.) และความหนาโคนทางใบ (ซม.)

3.4 ข้อมูลผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน

การเก็บข้อมูลผลผลิตทะลาย โดยการเก็บเกี่ยวทะลายที่มีการสุกแก่เต็มที่ทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักทะลายและจำนวนทะลายทุกครั้งที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลาย

1. ผลผลิตทะลาย (fresh fruit bunch, FFB)

2. จำนวนทะลาย (bunch number, BN)

3. น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (average bunch weight, ABW)

3.5 ข้อมูลองค์ประกอบทะลายปาล์มน้ำมัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบทะลายปาล์มน้ำมัน (ธีระ, 2558) มีวิธีการดังนี้

1. เริ่มจากเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มที่สุกแก่เต็มที่จากต้นที่คัดเลือกไว้แล้วชั่งน้ำหนักทะลายสด

2. แยกก้านช่อผลออกจากแกนทะลาย ชั่งน้ำหนักก้านช่อผลย่อย

3. สุ่มก้านช่อผลย่อยจำนวน 20 ก้านช่อผลแล้วชั่งน้ำหนัก ทำการแยกผลปาล์มออกจากก้านช่อผล ผลปาล์มแยกเป็น 2 ส่วน คือผลปาล์มดีและผลปาล์มลีบ ทำการชั่งน้ำหนักผลปาล์มดีและผลปาล์มลีบ

4. สุ่มผลปาล์มดี 20 ผลแล้วชั่งน้ำหนัก หลักจากนั้นแยกเนื้อปาล์มออกจากผลแล้วชั่งน้ำหนักเนื้อปาล์มสดและเมล็ดปาล์ม

5. นำเนื้อปาล์มสดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชม. หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักเนื้อปาล์มแห้งและเมล็ดปาล์มแห้ง

6. นำส่วนเนื้อปาล์มแห้งบดให้ละเอียด แล้วมาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์น้ำมันของเนื้อปาล์มแห้ง โดยการสุ่มเนื้อปาล์มแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นบรรจุลงกระดาษทิชชู่ปิดผนึกให้เรียบร้อยชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

7. นำห่อกระดาษทิชชู่มาแช่น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 นานติดต่อกัน 5 วัน โดยมีการเปลี่ยนน้ำมันแก๊สโซฮอล์ใหม่ทุกวัน

8. เมื่อครบกำหนดนำห่อกระดาษทิชชู่พร้อมเนื้อปาล์มมาผึ่งในที่ร่มให้แห้งแล้วทำการชั่งน้ำหนัก

9. ส่วนเมล็ดปาล์มแห้งทำการแยกออกเป็น 2 ส่วน คือกะลาและเนื้อในเมล็ด แล้วชั่งน้ำหนักกะลาและเนื้อในเมล็ด ข้อมูลต่าง ๆ ที่บันทึกข้างต้นสามารถคำนวณองค์ประกอบทะลายปาล์มน้ำมัน ดังนี้

น้ำหนักผลเฉลี่ย $= \frac{\text{น้ำหนักผล}}{\text{จำนวนผล}}$

(average fruit weight, AFW)

น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย $= \frac{\text{น้ำหนักเนื้อในเมล็ด}}{\text{จำนวนผล}}$

(average kernel weight, AKW)

ผล/ทะลาย $= \frac{(\text{น้ำหนักทะลาย} - \text{น้ำหนักแกนทะลาย})}{\text{นน.ทะลาย}} \times \frac{\text{น้ำหนักผลดี}}{\text{นน.ผลปาล์มที่ติดก้านผลย่อย}} \times 100$

(fruit/bunch, %F/B)

เนื้อในเมล็ด/ทะลาย $= \frac{\%\ \text{เนื้อในเมล็ด/ผล} \times \%\ \text{ผล/ทะลาย}}{100}$

(kernel/bunch, %K/B)

เนื้อปาล์มสด/ผล = $\frac{\text{น้ำหนักผล - น้ำหนักเมล็ด}}{\text{น้ำหนักผล}} \times 100$

(wet mesocarp/fruit, %WM/F)

กะลา/ผล = $\frac{\text{น้ำหนักเมล็ด - น้ำหนักเนื้อในเมล็ด}}{\text{น้ำหนักผล}} \times 100$

(shell/fruit, %S/F)

เนื้อในเมล็ด/ผล = $\frac{\text{น้ำหนักเนื้อในเมล็ด}}{\text{น้ำหนักผล}} \times 100$

(kernel/fruit, %K/F)

น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด = $\frac{\text{น้ำหนักเนื้อปาล์มแห้ง - น้ำหนักเส้นใยหลังแช่น้ำมัน}}{\text{น้ำหนักเนื้อปาล์มสด}} \times 100$

(oil/ Wet mesocarp, %O/WM)

น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง = $\frac{\text{น้ำหนักเนื้อปาล์มแห้ง - น้ำหนักเส้นใยหลังแช่น้ำมัน}}{\text{น้ำหนักเนื้อปาล์มแห้ง}} \times 100$

(oil/dry mesocarp, %O/DM)

น้ำมัน/ผล = $\frac{\text{\% น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด - \% เนื้อปาล์มสด/ผล}}{100}$

(oil/fruit, %O/F)

น้ำมัน/ทะลาย = $\frac{\text{\% น้ำมัน/ผล - \% ผล/ทะลาย}}{100}$

(oil/bunch, %O/B)

2.2.5 ผลผลิตน้ำมันปาล์ม

$$\text{ผลผลิตน้ำมัน} = \frac{\text{ผลผลิตทะลายสด - \% น้ำมัน/ทะลาย}}{100}$$

(oil yield, kg/palm/year)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของปาล์มน้ำมัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของลักษณะต่าง ๆ ของปาล์มน้ำมันในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรม R 2.14.0 (ตารางที่ 3)

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ RCBD มีตัวแบบ ดังนี้ (วัชรินทร์, 2549)

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

โดย Y_{ij} = ค่าสังเกตแต่ละค่าที่ได้จากทรีตเมนต์ i บล็อก j

μ = ค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ทั้งหมดในการทดลอง

T_i = อิทธิพลของทรีตเมนต์ i

B_j = อิทธิพลของบล็อก j

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

i = 1,....., t (t = จำนวนทรีตเมนต์)

j = 1,....., r (r = จำนวนซ้ำหรือบล็อก)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

Source	Degree of freedom	Mean squares	Expected mean squares
Block	r-1	-	-
Treatment	t-1	M_2	$\sigma^2_e + r\sigma^2_g$
Error	(r-1)(t-1)	M_1	σ^2_e
Total	tr-1	-	-

การคำนวณความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genotypic variance, σ^2_g) ความแปรวนจากสภาพแวดล้อม (environment variance, σ^2_e) และความแปรปรวนทั้งหมด (phenotypic variance, σ^2_p) ใช้สมการ ดังนี้ (Al-Naggar *et al.,* 2011)

$$\sigma^2_g = (M_2 - M_1) / r$$

$$\sigma^2_e = M_1$$

$$\sigma^2_p = \sigma^2_g + \sigma^2_e$$

โดย r = จำนวนซ้ำหรือบล็อก

t = จำนวนทรีตเมนต์

4.2 การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ และจีโนไทป์

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ (PCV) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ (GCV) โดยกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของฟีโนไทป์และจีโนไทป์ 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ มีค่า < 10% ระดับปานกลาง มีค่า 10 - 20% และระดับสูง มีค่า > 20% (Shivasubramanian and Menon, 1973) สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้
(Singh and Choudhary, 1985)

$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma^2_p}}{\bar{x}}$$

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma^2_g}}{\bar{x}}$$

โดย $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะ

4.3 การประเมินอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (h^2_b) โดยกำหนดให้ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ มีค่า < 30% ระดับปานกลาง มีค่า 30 - 60% และระดับสูง มีค่า > 60% (Robinson *et al*., 1949) สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้ (ธีระ, 2558)

$$h^2_b = [\sigma^2_g / \sigma^2_p] \times 100$$

4.4 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (phenotypic correlation coefficient, r_p) สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้ (Al-jibouri *et al*., 1958)

$$r_p = \frac{Cov\,(ph)XY}{\sqrt{\sigma^2(ph)X * \sigma^2(ph)Y}}$$

โดย Cov (ph) XY = ความแปรปรวนฟีโนไทป์ร่วมระหว่าง X และ Y

σ^2 (ph) X = ความแปรปรวนฟีโนไทป์ของ X

σ^2 (ph) Y = ความแปรปรวนฟีโนไทป์ของ Y

4.5 การวิเคราะห์เส้นทาง

การวิเคราะห์เส้นทางเป็นวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของตัวแปรสาเหตุต่างๆ นั้นคือ อิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางตัวแปรอิสระอื่นมากน้อยอย่างไร โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์รีเกรสชั่นเส้นตรงที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว (multiple regression) (สุรพล, 2536)

การหาค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นบางส่วนระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวแปรตาม (standardized partial regression coefficient, b´) สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$b'_1 = \frac{b\,(S_x)}{S_y}$$

โดย b = ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นบางส่วน

S_x = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ

S_y = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{n - 1}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum Y^2 - (\sum Y)^2 / n}{n - 1}}$$

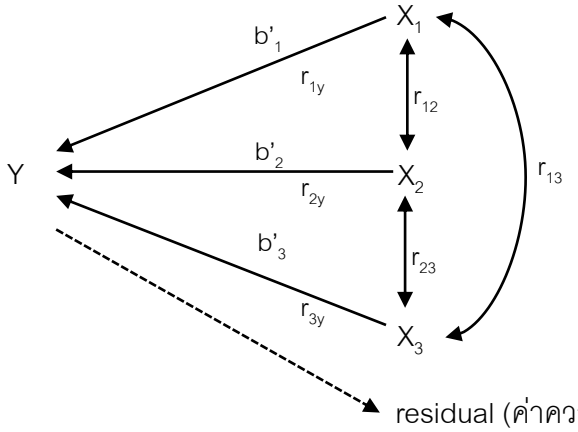
โดย n = จำนวนข้อมูล

วิธีการคำนวณและความสัมพันธ์ในรูปสมการปกติ (รูปที่ 1) ดังนี้

$$r_{1y} = r_{11}\, b'_1 + r_{12}\, b'_2 + r_{13}\, b'_3$$

$$r_{2y} = r_{21}\, b'_1 + r_{22}\, b'_2 + r_{23}\, b'_3$$

$$r_{3y} = r_{31}\, b'_1 + r_{32}\, b'_2 + r_{33}\, b'_3$$



รูปที่ 1 แผนผังแสดงแพทโคเอฟฟิเซี่ยนท์ของตัวแปรอิสระ 3 ตัว

โดย b'_1, b'_2 และ b'_3 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สมการถดถอยของ X_1, X_2 และ X_3 กับ Y ตามลำดับ

r_{12}, r_{13} และ r_{23} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง X_1 กับ X_2, X_1 กับ X_3 และ X_2 กับ X_3 ตามลำดับ โดย $r_{12} = r_{21}$, $r_{13} = r_{31}$ และ $r_{23} = r_{32}$

r_{11}, r_{22} และ r_{33} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวมันเอง มีค่าเท่ากับ 1

r_{1y}, r_{1y} และ r_{2y} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง X_1 กับ X_y, X_1 กับ X_y และ X_2 กับ X_y ตามลำดับ

ค่า R^2 คือ สัดส่วนของความแปรปรวนอิสระต่าง ๆ ที่มีต่อความแปรปรวนทั้งหมดของความแปรปรวนตาม ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นของตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวแปรตาม เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นบางส่วน สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$R^2 = r_{1y}b'_1 + r_{2y}b'_2 + r_{3y}b'_3$$

ส่วนความแปรปรวนที่เหลือ เรียกว่า ค่าความคลาดเคลื่อน คือ ความแปรปรวนที่เหลือของตัวแปรตามที่ไม่ได้เป็นผลจากตัวแปรอิสระ ถ้าหากตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมาก ค่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าน้อย สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

ค่าความคลาดเคลื่อน = $1 - R^2$

สมการข้างต้น สามารถเขียนในรูปเมทริกซ์ (matrix) ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ r_{3y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1' \\ b_2' \\ b_3' \end{bmatrix}$$

การแก้สมการเพื่อหา b´ โดยวิธีเมทริกซ์ ได้ดังนี้

$r_{xy} = r_{xx} * b'$

$$r_{xy} = \begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ r_{3y} \end{bmatrix} \quad r_{xx} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad b' = \begin{bmatrix} b_1' \\ b_2' \\ b_3' \end{bmatrix}$$

ดังนั้น จากสมการปกติจะได้

$b' = (r_{xx})^{-1} * (r_{xy})$

ความสัมพันธ์ระหว่าง X_1 กับ Y :

อิทธิพลทางตรงของ	X_1 ต่อ Y	=	b'_1
อิทธิพลทางอ้อมของ	X_1 ต่อ Y ผ่าน X_2	=	$r_{12}b'_2$
อิทธิพลทางอ้อมของ	X_1 ต่อ Y ผ่าน X_3	=	$r_{13}b'_3$
อิทธิพลทางตรงของ	X_1 ต่อ Y	=	r_{1y}

บทที่ 3

ผล และวิจารณ์

1. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลดินของพื้นที่ศึกษา

1.1 สภาพภูมิอากาศระหว่างการศึกษา

ข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งปีของพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดตรัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 – 2563 (ตารางที่ 4) พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 23.70 – 24.20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 32.90 – 35.40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.40 – 28.90 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 24 – 30 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 1,973.50 มม./ปี ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ปี พ.ศ. 2559 – 2562 ปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 2,035.50 - 3,221.60 มม./ปี ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยปริมาณฝนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 2,000 - 2,500 มม./ปี ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 70 - 83% และความเร็วลมอยู่ระหว่าง 1.03 – 2.06 เมตร/วินาที สรุปได้ว่าพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดตรังมีสภาพภูมิอากาศเหมาะสมต่อการปลูกปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 4 ข้อมูลสภาพอากาศของพื้นที่ อ.เมือง จ.ตรัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 – 2563

Year	Temperature (°C)			Rainfall	Relative	Wind speed
	Minimum	Maximum	Mean	(mm/year)	humidity (%)	(m/s)
2558	23.70	33.40	27.70	1,973.50	79	1.27
2559	24.10	33.70	28.10	2,559.80	80	1.34
2560	24.10	32.90	27.40	3,221.60	83	1.03
2561	24.00	33.00	27.60	2,143.20	81	1.18
2562	24.20	33.50	27.80	2,035.50	80	1.39
2563[1]	24.10	35.40	28.90	90.60	70	2.06

หมายเหตุ: [1]ปี พ.ศ. 2563 ข้อมูลสภาพอากาศระหว่างเดือนมกราคม – เมษายน

1.2 ข้อมูลดินพื้นที่ศึกษา

1.2.1 ชุดดิน

กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษาเป็นชุดที่ 34 ชุดดินนาท่าม (Na Tham series; Ntm) จัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Plinthudults เกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่บนเนินตะกอนรูปพัด เป็นดินลึกปานกลาง ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีสีน้ำตาล ปฏิกิริยาดินเป็นกรด (pH 5.0 - 5.5) ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว มีสีน้ำตาล มีจุดประสีแดง ดินล่างที่ระดับความลึก 60 - 100 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนก้อนกรวดมาก มีสีน้ำตาล มีจุดประสีแดงของศิลาแลงอ่อน และดินล่างสุดเป็นดินร่วนปนดินเหนียว สีจุดประสีแดงของศิลาแลงมากกว่า 50% โดยปริมาตร ภายในช่วงความลึก 150 ซม. ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5 - 5.0) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินปานกลาง (ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร, 2547; กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

1.2.2 ปริมาณธาตุอาหารในดิน

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0 – 30 ซม. (ตารางที่ 5) พบว่า ความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 4.86 อินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 1.30 % ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.08% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 5.06 มก./กก. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 0.13 เซนติโมล/กก. แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 0.10 เซนติโมล/กก. และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 3.74 เซนติโมล/กก.

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 30 – 60 ซม. (ตารางที่ 5) พบว่า ความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 5.07 อินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 0.64% ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.04% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 4.13 มก./กก. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 0.11 เซนติโมล/กก. แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 0.05 เซนติโมล/กก. และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 3.43 เซนติโมล/กก.

จากผลการวิเคราะห์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสมบัติทางเคมีของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกปาล์มน้ำมันใน ตารางที่ 2 พบว่า คุณสมบัติของดินในแปลงทดลองมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น จึงควรมีการเพิ่มธาตุอาหารในปริมาณสูงเพื่อให้มีปริมาณเพียงพอต่อเจริญเติบโต และสร้างผลผลิต เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารปริมาณมาก

ตารางที่ 5 ปริมาณธาตุอาหารในดินของแปลงรวบรวมพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

Soil properties	Topsoil (0 – 30 cm)	Subsoil (30 – 60 cm)	Level	
			Topsoil	Subsoil
pH (1 : 5 soil : H_2O)	4.86	5.07	high	high
Organic carbon (%)	1.30	0.64	moderate	very low
Total nitrogen (%)	0.08	0.04	low	very low
Available phosphorus (mg/kg)	5.06	4.13	very low	very low
Exchangeable potassium (cmol/kg)	0.13	0.11	low	low
Exchangeable magnesium (cmol/kg)	0.10	0.05	low	very low
Cation exchange capacity (cmol/kg)	3.74	3.43	very low	very low

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ (ตารางที่ 6) พบว่า ลักษณะจำนวนใบย่อย ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างบล็อก ในขณะที่ลักษณะความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ และความสูงลำต้นมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างบล็อก (0.12^{**}, 0.23^{**}, 0.10^{**} และ 0.92^{*} ตามลำดับ) ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นส่วนใหญ่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ได้แก่ จำนวนใบย่อย ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (150.63^{**}, 81.84^{**}, 0.11^{*}, 0.46^{**}, 0.04^{**}, 0.09^{**}, 0.24^{**}, 0.09^{**} และ 33.18^{*} ตามลำดับ) บ่งบอกว่ามีความแปรปรวนทางพันธุกรรม ส่วนลักษณะความสูงลำต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ บ่งบอกว่าไม่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรม ในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันความแปรปรวนทางพันธุกรรมมีความสำคัญมาก เนื่องจากสามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมใหม่ได้ (Arolu *et al*., 2017) จากผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น พบว่าสอดคล้องกับ Junaidah และคณะ (2011) ศึกษาประสิทธิภาพของประชากรปาล์มน้ำมันเทเนอรา รายงานว่า ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ส่วน Noh และคณะ (2010) ศึกษาประสิทธิภาพทางพันธุกรรมของ Deli dura x AVROS pisifera Marhalil และคณะ (2013) ศึกษาในปาล์มน้ำมันลูกผสมระหว่าง MPOB – Nigerian dura x AVROS pisifera และ Arolu และคณะ (2017) ศึกษาในปาล์มน้ำมันลูกผสมระหว่าง Deli dura x Nigerian pisifera รายงานว่า จำนวนใบย่อย ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ และความยาวทางใบมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ จากผลการศึกษา พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจากผลการศึกษาอยู่ระหว่าง 2.16 – 5.61% ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ Okwuagwu และคณะ (2008) กล่าวว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพืชยืนต้น เช่น ปาล์มน้ำมันไม่ควรเกิน 30% จีโนไทป์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำจะมีเสถียรภาพสูง หากมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงจะมีเสถียรภาพต่ำ (Francis and Kannenberg, 1978)

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters	Mean square			C.V.[1] (%)
	Block	Treatment	Error	
df	2	5	10	
Leaflet number (no.)	41.45^{ns}	150.63*	27.46	2.37
Leaflet length (cm)	1.10^{ns}	81.84**	2.64	2.44
Leaflet width (cm)	0.05^{ns}	0.11*	0.02	3.43
Leaf area (cm^2)	0.04^{ns}	0.46**	0.04	5.61
Rachis length (m)	0.01^{ns}	0.04**	0.01	2.16
Petiole width (cm)	0.12**	0.09**	0.01	3.54
Petiole depth (cm)	0.23**	0.24**	0.03	3.36
Leaf dry weight (kg)	0.10**	0.09**	0.01	4.76
Height (m)	0.92*	0.01^{ns}	0.00	3.12
Trunk diameter (cm)	6.40^{ns}	33.18*	8.48	3.51

หมายเหตุ: [1]C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

* และ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$ ตามลำดับ และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2.2 ค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ (ตารางที่ 7) พบว่า ลักษณะจำนวนใบย่อยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 227.80 ใบ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์โกลด์เด้นเทเนอรา ทรัพย์ม.อ.1 และยูนิวานิช (226.70, 225.90 และ 217.70 ใบ ตามลำดับ) ในขณะที่ปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชมีค่าเฉลี่ยสูงสุดความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย และพื้นที่ใบสูงสุดเท่ากับ 74.43 ซม. 4.72 ซม. และ 4.21 ตร.ม. ตามลำดับ และแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่น ๆ ส่วนความยาวทางใบมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 3.57 ม. โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์โกลด์เด้นเทเนอราไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 หนองเป็ด และยังแกมบิ (3.61, 3.67 และ 3.67 ม.ตามลำดับ) ปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชมีค่าเฉลี่ยความกว้างโคนทางใบสูงสุด เท่ากับ 3.26 ซม. ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์หนองเป็ด และทรัพย์ม.อ.1 (3.10, 3.10 ซม. ตามลำดับ) ความหนาโคนทางใบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 5.29 ซม. ในปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิช และพันธุ์ทรัพย์ม.อ.1 และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์หนองเป็ด (5.08 ซม.) ลักษณะน้ำหนักแห้งใบปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1.97 กก. ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ทรัพย์ม.อ.1 และหนองเป็ด (1.90 และ 1.83 กก. ตามลำดับ) ความสูงลำต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติในปาล์มลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์โกลด์เด้นเทเนอรามีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 1.67 ม. รองลงมา คือ พันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 (1.68 ม.) ปาล์มน้ำมันต้นเตี้ยเป็นลักษณะที่ดี เนื่องจากช่วยให้ขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวการจัดการต่าง ๆ เช่น การตัดแต่งทางใบง่ายและสะดวกขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้ธาตุอาหารส่งไปเลี้ยงในส่วนของผลผลิตมากกว่าการเจริญเติบโตด้านลำต้น (Corley and Tinker, 2003; Arolu *et al*., 2017) ในส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ปาล์มน้ำมันพันธุ์หนองเป็ดมีค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น เท่ากับ 85.47 ซม. ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ยูนิวานิช ทรัพย์ม.อ.1 สุราษฎร์ธานี 2 และยังแกมบิ (85.07, 84.47, 83.80 และ 81.87 ซม. ตามลำดับ) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเป็นลักษณะที่มีความสำคัญ เนื่องจากบ่งบอกถึงความมั่นคงของลำต้น ความสามารถในการองรับน้ำหนักผลผลิตทะลาย และกำหนดความหนาแน่นในการปลูก (Arolu *et al*., 2017)

โดยสรุปจากการศึกษาค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ (ตารางที่ 7) พบว่า ปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชให้ค่าเฉลี่ยของ

ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นดีที่สุด ได้แก่ ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น รองลงมา คือ ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ม.อ.1

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Progenies	Vegetative characteristics[1]									
	LN	LL	LW	LA	RL	PW	PD	LDW	H	TD
Nongped	210.10^{c}	67.22^{b}	4.21^{b}	3.27^{c}	3.67^{bc}	3.10^{a}	5.08^{ab}	1.83^{a}	1.80	85.47^{a}
Surat Thani 2	227.80^{a}	66.07^{bc}	4.24^{b}	3.51^{bc}	3.61^{c}	2.89^{b}	4.64^{c}	1.59^{b}	1.68	83.80^{a}
Golden clonal tenera	226.70^{ab}	58.85^{d}	4.37^{b}	3.22^{c}	3.57^{c}	2.87^{b}	4.77^{bc}	1.61^{b}	1.67	76.60^{b}
Yangambi	216.50^{bc}	63.41^{c}	4.30^{b}	3.25^{c}	3.67^{bc}	2.80^{b}	4.79^{bc}	1.58^{b}	1.71	81.87^{ab}
PSU-1	225.90^{ab}	74.43^{b}	4.43^{b}	3.78^{b}	3.79^{ab}	3.10^{a}	5.29^{a}	1.90^{a}	1.79	84.47^{a}
Univanich	217.70^{abc}	74.43^{a}	4.72^{a}	4.21^{a}	3.88^{a}	3.26^{a}	5.29^{a}	1.97^{a}	1.74	85.07^{a}

หมายเหตุ: [1]LN = จำนวนใบย่อย (ใบ), LL = ความยาวใบย่อย (ซม.), LW = ความกว้างใบย่อย (ซม.), LA = พื้นที่ใบ (ตร.ม.), RL = ความยาวทางใบ (ม.), PW = ความกว้างโคนทางใบ (ซม.), PD = ความหนาโคนทางใบ (ซม.), LDW = น้ำหนักแห้งใบ (กก.), H = ความสูงลำต้น (ม.) และ TD = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ลักษณะผลผลิตน้ำมันของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งระหว่างบล็อกและระหว่างพันธุ์ (ตารางที่ 8) แสดงว่าผลผลิตน้ำมันไม่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน เท่ากับ 14.37%

ลักษณะผลผลิตทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งระหว่างบล็อกและระหว่างพันธุ์ (ตารางที่ 8) ในขณะที่ลักษณะจำนวนทะลายมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างบล็อกและมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างพันธุ์ (21.35* และ 44.23** ตามลำดับ) เช่นเดียวกับลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างบล็อกและมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างพันธุ์ (1.14* และ 1.54** ตามลำดับ) สอดคล้องกับ Noh และคณะ (2010) รายงานว่า น้ำหนักทะลายเฉลี่ยของ Deli *dura* x Nigerian *pisifera* มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ส่วน Junaidah และคณะ (2011) ศึกษาในประชากรปาล์มน้ำมันเทเนอรา Marhalil และคณะ (2013) ศึกษาในปาล์มน้ำมันลูกผสม MPOB – Nigerian dura x AVROS pisifera Rafii และคณะ (2013) ศึกษาในลูกผสมเทเนอรา และ Arolu และคณะ (2017) ศึกษาในปาล์มน้ำมันลูกผสม Deli dura x Nigerian pisifera รายงานว่า จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ แสดงว่าจำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีความแปรปรวนทางพันธุกรรม ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 8.28 – 16.66%

ลักษณะองค์ประกอบทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ ทุกลักษณะไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างบล็อก (ตารางที่ 8) ลักษณะส่วนใหญ่ขององค์ประกอบทะลายไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ยกเว้น ลักษณะน้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย เนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผลมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ (0.04*, 2.23** และ 4.12** ตามลำดับ) แสดงว่ามีความแปรปรวนทางพันธุกรรม สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Noh และคณะ (2010); Junaidah และคณะ (2011); Marhalil และคณะ (2013) และ Arolu และคณะ (2017) รายงานว่า เนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผลมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 3.62 – 19.01%

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

Characters	Mean square			C.V.[1]
	Block	Treatment	Error	(%)
df	2	5	10	
Oil yield (kg/palm/year)	34.47^{ns}	19.43^{ns}	13.55	14.37
Bunch yield				
Fresh fruit bunch (kg/palm/year)	614.10^{ns}	432.90^{ns}	327.20	16.66
Bunch number (bunch/year)	21.35*	44.23**	5.55	11.62
Average bunch weight (kg/bunch)	1.14*	1.54**	0.20	8.28
Bunch components				
Average fruit weight (g)	0.53^{ns}	2.71^{ns}	0.90	9.74
Average kernel weight (g)	0.01^{ns}	0.04*	0.01	10.69
Fruit/bunch (%)	1.18^{ns}	2.89^{ns}	3.40	2.47
Kernel/bunch (%)	0.25^{ns}	2.23**	0.37	9.43
Wet mesocarp/fruit (%)	3.04^{ns}	28.54^{ns}	10.53	4.21
Shell/fruit (%)	2.52^{ns}	13.23^{ns}	7.35	17.32
Kernel/fruit (%)	0.37^{ns}	4.12**	0.57	19.01
Oil/wet mesocarp (%)	6.53^{ns}	7.86^{ns}	18.46	10.39
Oil/dry mesocarp (%)	2.15^{ns}	7.46^{ns}	6.40	3.62
Oil/fruit (%)	5.12^{ns}	9.78^{ns}	10.02	9.92
Oil/bunch (%)	2.08^{ns}	7.67^{ns}	5.95	11.09

หมายเหตุ: [1]C.V. = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

* และ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$ ตามลำดับ

และ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2.4 ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตน้ำมัน และผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

จากการศึกษาลักษณะผลผลิตน้ำมัน และผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ (ตารางที่ 9) พบว่า ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตน้ำมันไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง 6 พันธุ์ ซึ่งปาล์มน้ำมันพันธุ์ยังแกมบิมีค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำมันสูงสุด เท่ากับ 27.82 กก./ต้น/ปี รองลงมา คือ พันธุ์หนองเป็ด และยูนิวานิช (27.25 และ 27.20 กก./ต้น/ปี ตามลำดับ) สำหรับลักษณะผลผลิตทะลายไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง 6 พันธุ์ (ตารางที่ 9) โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์ยังแกมบิมีค่าเฉลี่ยผลผลิตทะลายสูงสุด เท่ากับ 121.30 กก./ต้น/ปี รองลงมา คือ พันธุ์ทรัพย์ ม.อ.1 (117.29 กก./ต้น/ปี) ส่วนจำนวนทะลายปาล์มน้ำมันพันธุ์ยังแกมบิมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 25.87 ทะลาย/ปี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์หนองเป็ด (23.27 ทะลาย/ปี) ในส่วนของน้ำหนักทะลายเฉลี่ยปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ม.อ.1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.47 กก./ทะลาย ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ยูนิวานิช (6.16 กก./ทะลาย)

โดยสรุปจากการศึกษาค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตน้ำมัน และผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ (ตารางที่ 9) พบว่า ปาล์มน้ำมันพันธุ์ยังแกมบิให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และจำนวนทะลายสูงที่สุด

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตน้ำมัน และผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Progenies	Oil yield[1]	Bunch yield[2]		
		FFB	BN	ABW
Nongped	27.25	112.70	23.27^{ab}	4.82^{b}
Surat Thani 2	23.74	109.40	21.33^{bc}	5.15^{b}
Golden clonal tenera	21.32	87.75	16.47^{d}	5.33^{b}
Yangambi	27.82	121.30	25.87^{a}	4.73^{b}
PSU-1	26.25	117.29	18.07^{cd}	6.47^{a}
Univanich	27.20	102.90	16.67^{d}	6.16^{a}

หมายเหตุ: [1]Oil yield = ผลผลิตน้ำมัน (กก./ต้น/ปี), [2]FFB = ผลผลิตทะลาย (กก./ต้น/ปี) BN = จำนวนทะลาย (ทะลาย/ปี), และ ABW = น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (กก./ทะลาย) ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.5 ค่าเฉลี่ยของลักษณะองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ลักษณะน้ำหนักผลเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง 6 พันธุ์ (ตารางที่ 10) โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์หนองเป็ดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 11.09 กรัม รองลงมา คือ พันธุ์ยูนิวานิช และทรัพย์ม.อ.1 (10.44 และ 10.08 กรัม ตามลำดับ) ส่วนน้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ยปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราฎร์ธานี 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.91 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์หนองเป็ด ทรัพย์ม.อ.1 ยูนิวานิช และยังแกมบิ (0.87, 0.86, 0.86 และ 0.83 กรัม ตามลำดับ) ในขณะที่ลักษณะผล/ทะลายไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง 6 พันธุ์ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชมีค่าเฉลี่ยผล/ทะลายสูงสุด เท่ากับ 76.21% ส่วนเนื้อในเมล็ด/ทะลายปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราฎร์ธานี 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 7.57% ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ยังแกมบิ และทรัพย์ม.อ.1 (7.08 และ 6.43% ตามลำดับ) ลักษณะเนื้อปาล์มสด/ผลและกะลา/ผลไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง 6 พันธุ์ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์โกลด์เด้นเทเนอรามีค่าเฉลี่ยเนื้อปาล์มสด/ผลสูงสุด และกะลา/ผลต่ำสุด เท่ากับ 81.99, 11.20 % ตามลำดับ ส่วนเนื้อในเมล็ด/ผลปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราฎร์ธานี 2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 10.19% ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ยังแกมบิ และทรัพย์ม.อ.1 (9.45 และ 8.78% ตามลำดับ) ในขณะที่ลักษณะน้ำมัน/เนื้อปาล์มสด น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง น้ำมัน/ผล และน้ำมัน/ทะลายไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่าง 6 พันธุ์ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชมีค่าเฉลี่ยสูงสุดของลักษณะน้ำมัน/เนื้อปาล์มสด น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง น้ำมัน/ผล และน้ำมัน/ทะลายเท่ากับ 44.04, 72.21, 34.66 และ 26.40% ตามลำดับ

โดยสรุปจากการศึกษาค่าเฉลี่ยของลักษณะองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ (ตารางที่ 10) พบว่า ปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย ผล/ทะลาย เนื้อปาล์มสด/ผล น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด น้ำมัน/เนื้อปาล์แห้ง น้ำมัน/ผล และน้ำมัน/ทะลายสูง

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของลักษณะองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Progenies	Bunch components[1]										
	AFW	AKW	F/B	K/B	WM/F	S/F	K/F	O/WM	O/DM	O/F	O/B
Nongped	11.09	0.87[a]	74.11	5.96[bc]	77.03	14.17	8.05[bc]	42.35	71.36	32.75	24.34
Surat Thani 2	8.91	0.91[a]	73.97	7.57[a]	73.28	16.58	10.19[a]	41.06	69.02	30.06	22.20
Golden clonal tenera	8.75	0.60[b]	74.36	5.10[c]	81.99	11.20	6.81[c]	40.12	68.23	32.93	24.43
Yangambi	9.10	0.83[a]	74.99	7.08[ab]	76.57	13.99	9.45[ab]	39.57	69.16	30.56	22.88
PSU-1	10.08	0.86[a]	73.40	6.43[ab]	74.59	16.64	8.78[ab]	41.04	68.95	30.58	22.41
Univanich	10.44	0.86[a]	76.21	6.32[b]	78.70	13.00	8.31[b]	44.04	72.21	34.66	26.40

หมายเหตุ: [1]AFW = น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม), AKW = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย (กรัม), F/B = ผล/ทะลาย (%), K/B = เนื้อในเมล็ด/ทะลาย (%), WM/F = เนื้อปาล์มสด/ผล (%), S/F = กะลา/ผล (%), K/F= เนื้อในเมล็ด/ผล (%), O/WM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด (%), O/DM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง (%), O/F = น้ำมัน/ผล (%) และ O/B = น้ำมัน/ทะลาย (%)

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับที่ไม่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. องค์ประกอบความแปรปรวน อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์และจีโนไทป์ในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

3.1 ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ (ตารางที่ 11) พบว่า ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง (> 60%) ได้แก่ ความยาวใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ และน้ำหนักแห้งใบ (h^2_b = 90.9, 78.01, 63.64, 69.91, 71.72 และ 80.36% ตามลำดับ) ส่วนลักษณะจำนวนใบย่อย ความกว้างใบย่อย ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลาง (30 – 60%) (h^2_b = 59.92, 56.47, 44.82 และ 49.26% ตามลำดับ) จากผลการศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ชี้ให้เห็นว่าการแสดงออกของลักษณะดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรมมากกว่าสภาพแวดล้อมซึ่งสามารถถ่ายทอดสู่รุ่นลูกได้สูงการปรับปรุงพันธุ์ของลักษณะดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้เร็ว (Falconer and Mackay, 1996) Marhalil และคณะ (2013) รายงานว่า ความสูงลำต้นของ MPOB – Nigerian dura x AVROS pisifera มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลาง (h^2_b = 36.13%) Arolu และคณะ (2017) รายงานว่า ความยาวทางใบของ Deli dura x Nigerian pisifera มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง (h^2_b = 72.72%) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาข้างต้น

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ (PCV) มากกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ (GCV) แสดงว่ามีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง จากผลการศึกษาพบว่า ค่า PCV และ GCV ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ (< 10%) (ตารางที่ 11) ยกเว้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบอยู่ในระดับปานกลาง (10 - 20%) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ต่อค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ (GCV/PCV) ของทุกลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นมีค่าสูงมีค่าระหว่าง 66.95 – 95.35% แสดงว่า การแสดงออกของแต่ละลักษณะได้รับอิทธิพลของพันธุกรรมมากกว่าสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างที่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (Noh *et al*., 2010)

ตารางที่ 11 องค์ประกอบความแปรปรวน อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters	σ^2_e	σ^2_g	σ^2_p	h^2_b	PCV	GCV	GCV/PCV
Leaflet number (no.)	27.46	41.06	68.52	59.92	3.75	2.9	77.41
Leaflet length (cm)	2.64	26.4	29.04	90.91	8.11	7.73	95.35
Leaflet width (cm)	0.02	0.03	0.05	56.47	5.19	3.9	75.14
Leaf area (cm^2)	0.04	0.14	0.18	78.01	11.97	10.57	88.33
Rachis length (m)	0.01	0.01	0.02	63.64	3.59	2.86	79.77
Petiole width (cm)	0.01	0.03	0.04	69.91	6.45	5.39	83.62
Petiole depth (cm)	0.03	0.07	0.10	71.72	6.31	5.34	84.69
Leaf dry weight (kg)	0.01	0.03	0.04	80.36	10.74	9.63	89.64
Height (m)	0.00	0.00	0.01	44.82	4.19	2.81	66.95
Trunk diameter (cm)	8.48	8.23	16.71	49.26	4.93	3.46	70.19

หมายเหตุ: σ^2_e = ความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม

σ^2_g = ความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรม

σ^2_p = ความแปรปรวนทั้งหมด

h^2_b = อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (%)

PCV = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ (%)

GCV = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ (%)

3.2 ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ผลผลิตน้ำมันของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (< 30%) (h^2_b = 12.64%) (ตารางที่ 12) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ระดับปานกลาง (PCV = 15.39%) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ระดับต่ำ (GCV = 5.47%) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ต่อค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ (GCV/PCV) เท่ากับ 35.55% แสดงว่าการแสดงออกของลักษณะผลผลิตน้ำมันได้รับอิทธิพลจากพันธุกรรมมากกว่าสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ

ลักษณะผลผลิตทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (h^2_b = 9.72%) (ตารางที่ 12) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Marhalil และคณะ (2013) ศึกษาใน MPOB – Nigerian *dura* x AVROS *pisifera* Rafii และคณะ (2013) ศึกษาใน MPOB – Nigerian *dura* x AVROS *pisifera* และ Arolu และคณะ (2017) ศึกษาใน Deli *dura* x Nigerian *pisifera* รายงานว่า ผลผลิตทะลาย มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (h^2_b = 9.70 – 17.90%) ในขณะที่จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง (> 60%) (h^2_b = 69.91 และ 69.07% ตามลำดับ) อัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูงของน้ำหนักทะลายเฉลี่ย สอดคล้องกับ Marhalil และคณะ (2013) รายงานว่า น้ำหนักทะลายเฉลี่ยอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง (h^2_b = 100%) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์มากกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์แสดงว่ามีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง ค่า GCV/PCV ของผลผลิตทะลาย เท่ากับ 31.18% แสดงว่าการแสดงออกของผลผลิตทะลายได้รับอิทธิของสภาพแวดล้อมมากกว่าพันธุกรรม (Okoye *et al*., 2009) ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ ส่วนค่า GCV/PCV ของจำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีค่าสูง เท่ากับ 83.61 และ 83.11% ตามลำดับ แสดงว่าการแสดงออกของจำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีอิทธิพลของพันธุกรรมมากกว่าสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง

ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูงของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ (ตารางที่ 12) ได้แก่ เนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผล (h^2_b = 62.98 และ 67.45% ตามลำดับ) ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลาง (30 - 60%) ได้แก่ น้ำหนักผลเฉลี่ย

น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย และเนื้อปาล์มสด/ผล (h^2_b = 40.26, 58.34 และ 36.31% ตามลำดับ) ส่วนผล/ทะลาย กะลา/ผล น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง น้ำมัน/ผล และน้ำมัน/ทะลาย มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (h^2_b = 0.00 – 21.05%) สอดคล้องกับ Marhalil และคณะ (2013) และ Rafii และคณะ (2013) รายงานว่า น้ำมัน/ทะลายมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (h^2_b = 28.80 และ 20.64% ตามลำดับ) Rafii และคณะ (2013) และ Arolu และคณะ (2017) รายงานว่าผล/ทะลายมีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ (h^2_b = 15.63 และ 19.40% ตามลำดับ) เนื่องจากมีปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เช่น ประสิทธิภาพการผสมเกสร ซึ่งส่งผลต่อการกำหนดผล/ทะลาย (Corley and Tinker, 2003) ค่า GCV/PCV ของเนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผลมีค่าสูง เท่ากับ 79.36 และ 82.13% ตามลำดับ แสดงว่าการแสดงออกของเนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผลได้รับอิทธิพลของพันธุกรรมมากกว่าสภาพแวดล้อม ค่า GCV/PCV ของน้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย และเนื้อปาล์มสด/ผล เท่ากับ 63.45, 76.38 และ 60.26% ตามลำดับ แสดงว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าสภาพแวดล้อมในการแสดงออกของน้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย และเนื้อปาล์มสด/ผล ค่า GCV/PCV ของผล/ทะลาย กะลา/ผล น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง น้ำมัน/ผล และน้ำมัน/ทะลายมีค่าต่ำ อยู่ระหว่าง 22.90 – 45.88% แสดงว่าการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลเข้ามาเกี่ยวข้องมากกว่าพันธุกรรม ซึ่งผลของค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ต่อค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ของแต่ละลักษณะสอดคล้องกับค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง

ตารางที่ 12 องค์ประกอบความแปรปรวน อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และลักษณะองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters	σ^2_e	σ^2_g	σ^2_p	h^2_b	PCV	GCV	GCV/PCV
Oil yield[1]	13.55	1.96	15.51	12.64	15.39	5.47	35.55
Bunch yield[2]							
FFB	327.20	35.23	362.43	9.72	17.54	5.47	31.18
BN	5.55	12.89	18.44	69.91	21.18	17.71	83.61
ABW	0.20	0.45	0.65	69.07	14.78	12.28	83.11
Bunch components[3]							
AFW	0.90	0.60	1.50	40.26	12.60	7.99	63.45
AKW	0.01	0.01	0.02	58.34	16.56	12.65	76.38
F/B	3.40	0.00	3.23	0.00	2.41	N/A	N/A
K/B	0.37	0.62	0.99	62.98	15.49	12.30	79.36
WM/F	10.53	6.00	16.53	36.31	5.28	3.18	60.26
S/F	7.35	1.96	9.31	21.05	21.40	9.82	45.88
K/F	0.57	1.18	1.75	67.45	15.41	12.65	82.13
O/WM	18.46	0.00	14.93	0.00	9.34	N/A	N/A
O/DM	6.40	0.35	6.75	5.24	3.72	0.85	22.90
O/F	10.02	0.00	9.94	0.00	9.88	N/A	N/A
O/B	5.95	0.57	6.52	8.81	10.74	3.19	29.68

หมายเหตุ: [1]Oil yield = ผลผลิตน้ำมัน (กก./ต้น/ปี), [2]FFB = ผลผลิตทะลาย (กก./ต้น/ปี), BN = จำนวนทะลาย (ทะลาย/ปี), ABW = น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (กก./ทะลาย), [3]AFW = น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม), AKW = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย (กรัม), F/B = ผล/ทะลาย (%), K/B = เนื้อในเมล็ด/ทะลาย (%), WM/F = เนื้อปาล์มสด/ผล (%), S/F = กะลา/ผล (%), K/F= เนื้อในเมล็ด/ผล (%), O/WM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด (%), O/DM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง (%), O/F = น้ำมัน/ผล (%), และ O/B = น้ำมัน/ทะลาย (%)

σ^2_e = ความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม σ^2_e = ความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรม

σ^2_p = ความแปรปรวนทั้งหมด h^2_b = อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (%)

PCV = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์ (%)

GCV = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ (%)

N/A = not applicable

4. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์และการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

4.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และลักษณะผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ ที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างนัยสำคัญกับความยาวใบย่อย (ตารางที่ 13) ได้แก่ ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_p) เท่ากับ 0.56*, 0.85**, 0.78**, 0.61**, 0.62**, 0.64** และ 0.69* ตามลำดับ ความกว้างใบย่อยมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างนัยสำคัญกับพื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ และน้ำหนักแห้งใบ (r_p = 0.85**, 0.69**, 0.47*, 0.62** และ 0.56* ตามลำดับ) พื้นที่ใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างนัยสำคัญกับความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ และน้ำหนักแห้งใบ (r_p = 0.83**, 0.58*, 0.67** และ 0.65* ตามลำดับ) ความยาวทางใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างนัยสำคัญกับความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ และน้ำหนักแห้งใบ (r_p = 0.61**, 0.78** และ 0.73* ตามลำดับ) ความกว้างทางใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างนัยสำคัญกับความหนาโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ และความสูงลำต้น (r_p = 0.81**, 0.95** และ 0.58* ตามลำดับ) ความหนาโคนทางใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างนัยสำคัญกับน้ำหนักแห้งใบ และความสูงลำต้น (r_p = 0.95** และ 0.64* ตามลำดับ) และน้ำหนักแห้งใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความสูงลำต้น (r_p = 0.63**) สอดคล้องกับ วศะพงศ์ และธีระ (2553) ศึกษาอัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา อายุ 8 ปี พบว่า ลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักแห้งใบ ได้แก่ ความยาวใบย่อย ความสูงลำต้น และพื้นที่ใบ และพื้นที่ใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความยาวใบย่อย

จำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับความกว้างโคนทางใบ และน้ำหนักแห้งใบ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_p) เท่ากับ -0.52* และ -0.51* ตามลำดับ (ตารางที่ 13) แต่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตทะลาย (r_p = 0.75**) ส่วนลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ

กับน้ำหนักทะลายเฉลี่ย ได้แก่ ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความหนาก้านใบ และน้ำหนักใบแห้ง (r_p = 0.61**, 0.69**, 0.54*, 0.55** และ 0.49* ตามลำดับ) แต่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับจำนวนทะลาย (r_p = -0.65**) วศะพงศ์ และธีระ (2553) รายงานว่าน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักแห้งใบ Marhalil และคณะ (2013) รายงานว่าในปาล์มน้ำมันลูกผสม MPOB – Nigerian dura x AVROS pisifera น้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความยาวทางใบ และพื้นที่ใบ

ตารางที่ 13 สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters	Vegetative characteristics[1]										Bunch yield[2]		
	LN	LL	LW	LA	RL	PW	PD	LDW	H	TD	FFB	BN	ABW
LN	-	-0.23	0.10	0.18	0.01	-0.12	-0.02	-0.08	-0.28	-0.37	-0.23	-0.40	0.31
LL		-	0.56*	0.85**	0.78**	0.61**	0.62**	0.64**	0.41	0.69**	0.12	-0.18	0.46
LW			-	0.85**	0.69**	0.47*	0.62**	0.56*	0.38	0.10	-0.09	-0.44	0.61**
LA				-	0.83**	0.58*	0.67**	0.65**	0.34	0.38	-0.03	-0.44	0.69**
RL					-	0.61**	0.78**	0.73**	0.37	0.26	-0.07	-0.37	0.54*
PW						-	0.81**	0.95**	0.58*	0.44	-0.37	-0.52*	0.38
PD							-	0.95**	0.64**	0.41	-0.14	-0.43	0.55*
LDW								-	0.63**	0.45	-0.27	-0.51*	0.49*
H									-	0.40	0.01	-0.17	0.29
TD										-	0.26	0.14	0.14
FFB											-	0.75**	-0.004
BN												-	-0.65**
ABW													-

หมายเหตุ: [1]LN = จำนวนใบย่อย (ใบ), LL = ความยาวใบย่อย (ซม.), LW = ความกว้างใบย่อย (ซม.), LA = พื้นที่ใบ (ตร.ม.), RL = ความยาวทางใบ (ม.), PW = ความกว้างโคนทางใบ (ซม.), PD = ความหนาโคนก้านใบ (ซม.), LDW = น้ำหนักแห้งใบ (กก.), H = ความสูงลำต้น (ม.) และ TD = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)

[2]FFB = ผลผลิตทะลาย (กก./ต้น/ปี), BN = จำนวนทะลาย (ทะลาย/ปี), ABW = น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (กก./ทะลาย)

* และ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$ ตามลำดับ

4.2 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ลักษณะพื้นที่ใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบกับผลผลิตทะลาย (r_p = -0.03) (ตารางที่ 14) แต่มีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตทะลาย (11.44) และเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับจำนวนใบย่อย ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนก้านใบ น้ำหนักแห้งใบ ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ลักษณะความหนาโคนทางใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบกับผลผลิตทะลาย (r_p = -0.36) แต่มีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตทะลาย (7.30) และเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ลักษณะความกว้างโคนทางใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบกับผลผลิตทะลาย (r_p = -0.14) แต่มีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตทะลาย (5.77) และยังเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความหนาโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ดังนั้น ลักษณะพื้นที่ใบ ความหนาโคนก้านใบ และความกว้างโคนก้านใบเป็นลักษณะที่ควรใช้ในการพิจารณาในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มผลผลิตทะลาย

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters[1]	r_p	Direct effect	Indirect effect									
			LN	LL	LW	LA	RL	PW	PD	LDW	H	TD
LN	-0.23	-3.49	-	1.78	-0.51	2.10	0.00	-0.68	-0.14	1.01	-0.07	-0.23
LL	0.12	-7.60	0.82	-	-3.01	9.68	0.01	3.52	4.49	-8.32	0.10	0.43
LW	-0.09	-5.35	-0.33	-4.28	-	9.72	0.00	2.71	4.49	-7.21	0.10	0.06
LA	-0.03	11.44	-0.64	-6.44	-4.54	-	0.01	3.33	4.87	-8.38	0.09	0.24
RL	-0.07	0.01	-0.02	-5.93	-3.70	9.54	-	3.53	5.67	-9.42	0.09	0.16
PW	-0.36	5.77	0.41	-4.63	-2.51	6.61	0.00	-	5.92	-12.35	0.15	0.27
PD	-0.14	7.30	0.07	-4.67	-3.29	7.64	0.01	4.68	-	-12.28	0.16	0.26
LDW	-0.27	-12.96	0.27	-4.88	-2.97	7.40	0.00	5.50	6.92	-	0.16	0.28
H	0.01	0.25	0.98	-3.12	-2.05	3.89	0.00	3.36	4.65	-8.19	-	0.25
TD	0.25	0.62	1.30	-5.24	-0.51	4.33	0.00	2.53	3.00	-5.86	0.10	-

หมายเหตุ: [1]LN = จำนวนใบย่อย (ใบ), LL = ความยาวใบย่อย (ซม.), LW = ความกว้างใบย่อย (ซม.), LA = พื้นที่ใบ (ตร.ม.), RL = ความยาวทางใบ (ม.), PW = ความกว้างโคนทางใบ (ซม.), PD = ความหนาโคนก้านใบ (ซม.), LDW = น้ำหนักแห้งใบ (กก.), H = ความสูงลำต้น (ม.) และ TD = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)

ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.53

4.3 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังจำนวนทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ลักษณะความหนาโคนทางใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบกับจำนวนทะลาย (r_p = -0.43) (ตารางที่ 15) แต่มีอิทธิพลทางตรงสูงต่อจำนวนทะลาย (4.51) และเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ส่วนลักษณะความกว้างโคนทางใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับจำนวนทะลาย (r_p = -0.52*) แต่มีอิทธิพลทางตรงสูงต่อจำนวนทะลาย (4.16) และเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความหนาโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ดังนั้น ความหนาโคนก้านใบ และความกว้างโคนก้านใบเป็นลักษณะที่ควรใช้ในการพิจารณาในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มจำนวนทะลาย

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังจำนวนทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters[1]	r_p	Direct effect	Indirect effect									
			LN	LL	LW	LA	RL	PW	PD	LDW	H	TD
LN	-0.40	-0.48	-	0.16	-0.04	0.05	0.00	-0.49	-0.09	0.70	0.02	-0.23
LL	-0.18	-0.68	0.11	-	-0.22	0.23	0.40	2.53	2.77	-5.72	-0.02	0.43
LW	-0.44	-0.39	-0.05	-0.38	-	0.23	0.35	1.95	2.77	-4.96	-0.02	0.06
LA	-0.44	0.27	-0.09	-0.57	-0.34	-	0.42	2.40	3.01	-5.77	-0.02	0.24
RL	-0.37	0.51	0.00	-0.53	-0.27	0.23	-	2.54	3.50	-6.48	-0.02	0.16
PW	-0.52*	4.16	0.06	-0.41	-0.19	0.16	0.31	-	3.65	-8.50	-0.03	0.27
PD	-0.43	4.51	0.01	-0.42	-0.24	0.18	0.40	3.37	-	-8.45	-0.03	0.26
LDW	-0.51*	-8.91	0.04	-0.44	-0.22	0.18	0.37	3.96	4.27	-	-0.03	0.28
H	-0.17	-0.05	0.13	-0.28	-0.15	0.09	0.19	2.42	2.87	-5.64	-	0.25
TD	0.14	0.62	0.18	-0.47	-0.04	0.10	0.13	1.82	1.85	-4.04	-0.02	-

หมายเหตุ: [1]LN = จำนวนใบย่อย (ใบ), LL = ความยาวใบย่อย (ซม.), LW = ความกว้างใบย่อย (ซม.), LA = พื้นที่ใบ (ตร.ม.), RL = ความยาวทางใบ (ม.), PW = ความกว้างโคนทางใบ (ซม.), PD = ความหนาโคนก้านใบ (ซม.), LDW = น้ำหนักแห้งใบ (กก.), H = ความสูงลำต้น (ม.) และ TD = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P \leq 0.05$

ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.35

4.4 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังน้ำหนักทะลายเฉลี่ยในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ลักษณะพื้นที่ใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (r_p = 0.69**) (ตารางที่ 16) และมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (11.82) และเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับจำนวนใบย่อย ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนก้านใบ น้ำหนักแห้งใบ ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ลักษณะความหนาโคนก้านใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (r_p = 0.55*) และมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (0.72) และเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

ลักษณะน้ำหนักแห้งใบมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (r_p = 0.49*) และมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (0.38) และเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ และความสูงลำต้น

ดังนั้น ลักษณะพื้นที่ใบ ความหนาโคนก้านใบ และน้ำหนักแห้งใบเป็นลักษณะที่ควรใช้ในการพิจารณาในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มน้ำหนักทะลายเฉลี่ย

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังน้ำหนักทะลายเฉลี่ยในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters[1]	r_p	Direct effect	Indirect effect									
			LN	LL	LW	LA	RL	PW	PD	LDW	H	TD
LN	0.31	-3.06	-	1.68	-0.49	2.17	0.00	0.09	-0.01	-0.03	-0.09	0.06
LL	0.46	-7.15	0.72	-	-2.85	10.00	-0.53	-0.45	0.45	0.25	0.14	-0.11
LW	0.61**	-5.07	-0.29	-4.02	-	10.04	-0.47	-0.34	0.45	0.21	0.13	-0.01
LA	0.69**	11.82	-0.56	-6.06	-4.31	-	-0.57	-0.42	0.48	0.25	0.11	-0.06
RL	0.54*	-0.68	-0.02	-5.58	-3.51	9.85	-	-0.45	0.56	0.28	0.13	-0.04
PW	0.38	-0.73	0.36	-4.36	-2.38	6.82	-0.42	-	0.59	0.36	0.20	-0.07
PD	0.55*	0.72	0.06	-4.40	-3.12	7.89	-0.53	-0.59	-	0.36	0.21	-0.06
LDW	0.49*	0.38	0.24	-4.59	-2.82	7.64	-0.49	-0.70	0.69	-	0.21	-0.07
H	0.29	0.34	0.85	-2.94	-1.95	4.02	-0.25	-0.43	0.46	0.24	-	-0.06
TD	0.14	-0.15	1.13	-4.93	-0.49	4.47	-0.18	-0.32	0.30	0.17	0.13	-

หมายเหตุ: [1]LN = จำนวนใบย่อย (ใบ), LL = ความยาวใบย่อย (ซม.), LW = ความกว้างใบย่อย (ซม.), LA = พื้นที่ใบ (ตร.ม.), RL = ความยาวทางใบ (ม.), PW = ความกว้างโคนทางใบ (ซม.), PD = ความหนาโคนก้านใบ (ซม.), LDW = น้ำหนักแห้งใบ (กก.), H = ความสูงลำต้น (ม.) และ TD = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)

* และ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$ ตามลำดับ

ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.65

4.5 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ลักษณะผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายทุกลักษณะมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับผลผลิตน้ำมัน (ตารางที่ 17) ลักษณะผลผลิตทะลายที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตน้ำมัน ได้แก่ ผลผลิตทะลาย และจำนวนทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_p) เท่ากับ 0.79** และ 0.49* ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ วศะพงศ์ และ ธีระ (2553); Krualee และคณะ (2013); Marhalil และคณะ (2013); Rafii และคณะ (2013) รายงานว่า ผลผลิตน้ำมันมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตทะลาย และจำนวนทะลาย ส่วนลักษณะองค์ประกอบทะลายที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตน้ำมัน ได้แก่ น้ำหนักผลเฉลี่ย และน้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย (r_p = 0.47* และ 0.48* ตามลำดับ)

ลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตทะลาย (ตารางที่ 17) ได้แก่ จำนวนทะลาย น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย และเนื้อในเมล็ด/ทะลาย (r_p = 0.75**, 0.52* และ 0.48* ตามลำดับ) จำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (r_p= -0.65**) ตามลำดับ สอดคล้องกับ วศะพงศ์ และ ธีระ (2553); Krualee และคณะ (2013); Marhalil และคณะ (2013); Rafii และคณะ (2013) รายงานว่า ผลผลิตทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับจำนวนทะลาย แต่จำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญน้ำหนักทะลายเฉลี่ย เนื่องจากปัจจัยเกี่ยวกับสภาพอากาศที่มีผลต่อการพัฒนาเพศของช่อดอก ซึ่งส่งผลต่อน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (Oboh and Fakorede, 1999; Xianhai *et al*., 2016)

น้ำหนักผลเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย (r_p = 0.54*) (ตารางที่ 17) ในขณะที่น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับเนื้อในเมล็ด/ทะลาย กะลา/ผล และเนื้อในเมล็ด/ผล (r_p = 0.76**, 0.52* และ 0.74** ตามลำดับ) แต่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับเนื้อปาล์มสด/ผล (r_p = -0.61**) ผล/ทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำมัน/ทะลาย (r_p = 0.56*) เนื้อในเมล็ด/ทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับกะลา/ผล และเนื้อในเมล็ด/ผล (r_p = 0.54* และ 0.99** ตามลำดับ) แต่มี

สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับเนื้อปาล์มสด/ผล (r_p = -0.69**) ส่วนเนื้อปาล์มสด/ผลมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับกะลา/ผล และเนื้อในเมล็ด/ผล (r_p = -0.97** และ -0.77**ตามลำดับ) กะลา/ผลมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบกับน้ำมัน/ทะลาย (r_p = 0.36) ดังนั้น หากต้องการเพิ่มน้ำมัน/ทะลาย Okoye และคณะ (2009) กล่าวว่า ควรเพิ่มเนื้อปาล์มสด/ผล ลดกะลา/ผลและเนื้อในเมล็ด/ผล สำหรับลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำมัน/เนื้อปาล์มสด ได้แก่ น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง น้ำมัน/ผล และน้ำมัน/ทะลาย (r_p = 0.84**, 0.86** และ 0.82** ตามลำดับ) น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้งมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำมัน/ผล และน้ำมัน/ทะลาย (r_p = 0.66** และ 0.64** ตามลำดับ) ส่วนน้ำมัน/ผลมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำมัน/ทะลาย (r_p = 0.98**) สอดคล้องกับ วศพงศ์ และธีระ (2553); Krualee และคณะ (2013); Rafii และคณะ (2013) รายงายว่า น้ำมัน/ทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญผล/ทะลาย และน้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง

ตารางที่ 17 สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters	Oil yield[1]	Bunch yield[2]			Bunch components[3]										
		FFB	BN	ABW	AFW	AKW	F/B	K/B	WM/F	S/F	K/F	O/WM	O/DM	O/F	O/B
Oil yield	-	0.79**	0.49*	0.12	0.47*	0.48*	0.44	0.28	0.14	-0.23	0.21	0.17	0.27	0.28	0.34
FFB		-	0.75**	-0.004	0.17	0.52*	0.12	0.48*	-0.12	0.01	0.45	-0.37	-0.14	-0.36	-0.31
BN			-	-0.65**	-0.04	0.31	0.03	0.42	-0.15	0.01	0.41	-0.41	-0.17	-0.42	-0.37
ABW				-	0.21	0.12	0.04	-0.07	0.08	-0.01	-0.08	0.17	0.10	0.20	0.17
AFW					-	0.54*	0.40	-0.08	0.10	-0.08	-0.14	0.34	0.28	0.40	0.45
AKW						-	0.25	0.76**	-0.61**	0.52*	0.74**	0.18	0.26	-0.10	-0.04
F/B							-	0.21	0.29	-0.31	0.05	0.22	0.18	0.40	0.56*
K/B								-	-0.69**	0.54*	0.99**	-0.01	0.11	-0.33	-0.26
WM/F									-	-0.97**	-0.77**	-0.15	-0.27	0.37	0.39
S/F										-	-0.16	0.09	0.11	0.38	-0.36
K/F											-	-0.02	0.11	-0.38	-0.33
O/WM												-	0.84**	0.86**	0.82**
O/DM													-	0.66**	0.64**
O/F														-	0.98**
O/B															-

หมายเหตุ: [1]Oil yield = ผลผลิตน้ำมัน (กก./ต้น/ปี), [2]FFB = ผลผลิตทะลาย (กก./ต้น/ปี), BN = จำนวนทะลาย (ทะลาย/ปี), ABW = น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (กก./ทะลาย), [3]AFW = น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม), AKW = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย (กรัม), F/B = ผล/ทะลาย (%), K/B = เนื้อในเมล็ด/ทะลาย (%), WM/F = เนื้อปาล์มสด/ผล (%), S/F = กะลา/ผล (%), K/F= เนื้อในเมล็ด/ผล (%), O/WM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด (%), O/DM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง (%), O/F = น้ำมัน/ผล (%) และ O/B = น้ำมัน/ทะลาย (%)

* และ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$ ตามลำดับ

4.6 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตทะลายไปยังผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

จำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตทะลาย (r_p = 0.75**) (ตารางที่ 18) และมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง เท่ากับ 1.29 ลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง เท่ากับ 0.83 แต่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตทะลาย แสดงว่าผลผลิตทะลายได้รับอิทธิพลจากจำนวนทะลายมากกว่าน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (Rafii *et al*., 2013)

ดังนั้น ลักษณะจำนวนทะลายเฉลี่ยเป็นลักษณะที่ควรใช้ในการพิจารณาในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มผลผลิตทะลาย

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ฟีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตทะลายไปยังผลผลิตทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters[1]	r_p	Direct effect	Indirect effect	
			BN	ABW
BN	0.75**	1.29	-	-0.54
ABW	-0.004	0.83	-0.83	-

หมายเหตุ: [1]BN = จำนวนทะลาย (ทะลาย/ปี) และ ABW = น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (กก./ทะลาย)

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ P ≤ 0.01

ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.03

4.7 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะองค์ประกอบทะลายไปยังน้ำมัน/ทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ลักษณะผล/ทะลายมีอิทธิพลทางตรงต่อน้ำมัน/ทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.34 (ตารางที่ 19) และมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำมัน/ทะลาย ($r_p = 0.56^{**}$) ผล/ทะลายเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับน้ำหนักผลเฉลี่ย และน้ำมัน/ผล ซึ่งมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับน้ำมัน/ทะลาย

น้ำมัน/เนื้อปาล์มสดมีอิทธิพลทางตรงต่อน้ำมัน/ทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.22 และมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำมัน/ทะลาย ($r_p = 0.82^{**}$) น้ำมัน/เนื้อปาล์มสดเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับน้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง และน้ำมัน/ผล ซึ่งมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับน้ำมัน/ทะลาย

น้ำมัน/ผลมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อน้ำมัน/ทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง เท่ากับ 0.63 และมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำมัน/ทะลาย ($r_p = 0.98^{**}$) น้ำมัน/ผลเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับน้ำหนักผลเฉลี่ย ผล/ทะลาย เนื้อปาล์มสด/ผล น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด และน้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง ซึ่งมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับน้ำมัน/ทะลาย

ดังนั้น ลักษณะที่ควรใช้ในการพิจารณาในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มน้ำมัน/ทะลาย ได้แก่ ลักษณะน้ำมัน/ผล ผล/ทะลาย และน้ำมัน/เนื้อปาล์มสด

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะองค์ประกอบทะลายไปยังน้ำมัน/ทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters	r_p	Direct effect	Indirect effect									
			AFW	AKW	F/B	K/B	WM/F	S/F	K/F	O/WM	O/DM	O/F
AFW	0.45	0.02	-	-0.01	0.14	0.07	0.01	0.00	-0.11	0.07	0.00	0.25
AKW	-0.04	-0.01	0.01	-	0.09	-0.63	-0.06	-0.02	0.61	0.04	0.00	-0.07
F/B	0.56*	0.34	0.01	0.00	-	-0.17	0.03	0.01	0.04	0.05	0.00	0.25
K/B	-0.26	-0.83	0.00	-0.01	0.07	-	-0.07	-0.02	0.81	0.00	0.00	-0.21
WM/F	0.39	0.10	0.00	0.01	0.10	0.57	-	0.04	-0.63	-0.03	0.00	0.23
S/F	-0.36	-0.04	0.00	0.00	-0.10	-0.45	-0.10	-	0.51	0.04	0.00	-0.21
K/F	-0.33	0.82	0.00	-0.01	0.02	-0.82	-0.08	-0.02	-	0.00	0.00	-0.24
O/WM	0.82**	0.22	0.01	0.00	0.08	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-	0.01	0.54
O/DM	0.64**	0.01	0.01	0.00	0.06	-0.09	-0.03	-0.01	0.09	0.18	-	0.42
O/F	0.98**	0.63	0.01	0.00	0.13	0.28	0.04	0.01	-0.31	0.19	0.01	-

หมายเหตุ: [1]AFW = น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม), AKW = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย (กรัม), F/B = ผล/ทะลาย (%), K/B = เนื้อในเมล็ด/ทะลาย (%), WM/F = เนื้อปาล์มสด/ผล (%), S/F = กะลา/ผล (%), K/F= เนื้อในเมล็ด/ผล (%), O/WM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด (%), O/DM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง (%), O/F = น้ำมัน/ผล (%) และ O/B = น้ำมัน/ทะลาย (%)

* และ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$ ตามลำดับ

ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.01

4.8 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายไปยังผลผลิตน้ำมันในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

ผลผลิตทะลายมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตน้ำมัน มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.93 (ตารางที่ 20) และมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตน้ำมัน ($r_p = 0.79^{**}$) ผลผลิตทะลายเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับลักษณะจำนวนทะลาย น้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย เนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผลไปยังผลผลิตน้ำมัน ซึ่งมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับผลผลิตน้ำมัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Krualee และคณะ (2013)

น้ำมัน/ทะลายอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตน้ำมัน มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเท่ากับ 0.38 (ตารางที่ 20) และมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับผลผลิตน้ำมัน ($r_p = 0.34$) น้ำมัน/ทะลายเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับลักษณะน้ำหนักผลเฉลี่ย ผล/ทะลาย เนื้อปาล์มสด/ผล น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง และน้ำมัน/ผลไปยังผลผลิตน้ำมัน ซึ่งมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับผลผลิตน้ำมัน Kushairi และคณะ (2003) กล่าวว่า น้ำมัน/ทะลายของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราเป็นองค์ประกอบสำคัญของผลผลิตน้ำมัน ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดปริมาณน้ำมันในเนื้อปาล์ม

ดังนั้น ลักษณะผลผลิตทะลาย และน้ำมัน/ทะลายเป็นลักษณะที่ควรใช้ในการพิจารณาในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมัน

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายไปยังผลผลิตน้ำมันในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

Characters	r_p	Direct effect	Indirect effect													
			FFB	BN	ABW	AFW	AKW	F/B	K/B	WM/F	S/F	K/F	O/WM	O/DM	O/F	O/B
FFB	0.79**	0.93	-	0.08	0.00	0.01	-0.02	0.01	-0.15	0.01	0.00	0.12	-0.11	0.00	0.02	-0.12
BN	0.49**	0.11	0.69	-	-0.06	0.00	-0.01	0.00	-0.13	0.02	0.00	0.11	-0.12	0.01	0.02	-0.14
ABW	0.12	0.09	0.00	-0.07	-	0.01	0.00	0.00	0.02	-0.01	0.00	-0.02	0.05	0.00	-0.01	0.07
AFW	0.47*	0.06	0.15	0.00	0.02	-	-0.02	0.03	0.03	-0.01	0.02	-0.04	0.10	-0.01	-0.02	0.17
AKW	0.48*	-0.04	0.48	0.03	0.01	0.03	-	0.02	-0.24	0.07	-0.11	0.20	0.05	-0.01	0.01	-0.02
F/B	0.44	0.08	0.11	0.00	0.00	0.02	-0.01	-	-0.06	-0.03	0.07	0.01	0.06	-0.01	-0.02	0.21
K/B	0.28	-0.31	0.44	0.05	-0.01	0.00	-0.03	0.02	-	0.08	-0.12	0.26	0.00	0.00	0.02	-0.10
WM/F	0.14	-0.11	-0.11	-0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.21	-	0.21	-0.21	-0.04	0.01	-0.02	0.15
S/F	-0.23	-0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.17	0.11	-	0.17	0.05	-0.01	0.02	-0.14
K/F	0.21	0.27	0.42	0.04	-0.01	-0.01	-0.03	0.00	-0.31	0.08	-0.14	-	0.00	0.00	0.02	-0.13
O/WM	0.17	0.29	-0.34	-0.04	0.01	0.02	-0.01	0.02	0.00	0.02	-0.04	0.00	-	-0.03	-0.04	0.31
O/DM	0.27	-0.03	-0.13	-0.02	0.01	0.02	-0.01	0.01	-0.03	0.03	-0.05	0.03	0.24	-	-0.03	0.24
O/F	0.28	-0.05	-0.33	-0.04	0.02	0.02	0.00	0.03	0.10	-0.04	0.07	-0.10	0.25	-0.02	-	0.37
O/B	0.34	0.38	-0.28	-0.04	0.02	0.03	0.00	0.04	0.08	-0.04	0.08	-0.09	0.24	-0.02	-0.05	-

หมายเหตุ: [1]FFB = ผลผลิตทะลาย (กก./ต้น/ปี), BN = จำนวนทะลาย (ทะลาย/ปี), ABW = น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (กก./ทะลาย), AFW = น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม), AKW = น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย (กรัม), F/B = ผล/ทะลาย (%), K/B = เนื้อในเมล็ด/ทะลาย (%), WM/F = เนื้อปาล์มสด/ผล (%), S/F = กะลา/ผล (%), K/F= เนื้อในเมล็ด/ผล (%), O/WM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด (%), O/DM = น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง (%), O/F = น้ำมัน/ผล (%), และ O/B = น้ำมัน/ทะลาย (%)

* และ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$ ตามลำดับ

ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.01

บทที่ 4

สรุป

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

1.1 ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น

ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นส่วนใหญ่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ ได้แก่ ลักษณะจำนวนใบย่อย ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ยกเว้น ลักษณะความสูงลำต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นดีที่สุด ได้แก่ ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ น้ำหนักแห้งใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น รองลงมา คือ ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ม.อ.1

1.2 ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลาย

ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์ ยกเว้น ลักษณะจำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย เนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผลมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์ยังแกมบิให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และจำนวนทะลายสูงที่สุด ส่วนปาล์มน้ำมันพันธุ์ยูนิวานิชให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย ผล/ทะลาย เนื้อปาล์มสด/ผล น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง น้ำมัน/ผล และน้ำมัน/ทะลายสูง

2. องค์ประกอบความแปรปรวน อัตราพันธุกรรมแบบกว้าง และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

2.1 ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น

ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นส่วนใหญ่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูงปานกลางถึงสูงแสดงว่าการแสดงออกของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นได้รับอิทธิพลของพันธุกรรมมากกว่าสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจีโนไทป์ต่อค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนฟีโนไทป์

ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง ได้แก่ ความยาวใบย่อย พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ ความกว้างโคนทางใบ ความหนาโคนทางใบ และน้ำหนักแห้งใบ

ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลาง ได้แก่ จำนวนใบย่อย ความกว้างใบย่อย ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

2.2 ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลาย

ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับสูง ได้แก่ จำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย เนื้อในเมล็ด/ทะลาย และเนื้อในเมล็ด/ผล

ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับปานกลาง ได้แก่ น้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเนื้อในเมล็ดเฉลี่ย และเนื้อปาล์มสด/ผล

ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมแบบกว้างระดับต่ำ ได้แก่ ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย ผล/ทะลาย กะลา/ผล น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด น้ำมัน/เนื้อปาล์มแห้ง น้ำมัน/ผล และน้ำมัน/ทะลาย

3. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และการวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา 6 พันธุ์

3.1 ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น

ลักษณะผลผลิตทะลาย: ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ควรใช้ในการพิจารณา ได้แก่ ลักษณะพื้นที่ใบ ความหนาโคนก้านใบ และความกว้างโคนก้านใบ เนื่องจากมี

สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบกับผลผลิตทะลาย แต่มีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตทะลาย และยังเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับลักษณะอื่น ๆ ไปยังผลผลิตทะลาย

ลักษณะจำนวนทะลาย: ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ควรใช้ในการพิจารณา ได้แก่ ความหนาโคนก้านใบ และความกว้างโคนก้านใบ เนื่องจากมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางลบกับจำนวนทะลาย แต่มีอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิตทะลาย และยังเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับลักษณะอื่น ๆ ไปยังผลผลิตทะลาย

ลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ย: ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ควรใช้ในการพิจารณา ได้แก่ พื้นที่ใบ ความหนาโคนก้านใบ และน้ำหนักแห้งใบ เนื่องจากมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับน้ำหนักทะลายเฉลี่ย และมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมสูงต่อน้ำหนักทะลายเฉลี่ย

3.2 ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลาย

ลักษณะผลผลิตทะลาย: ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ควรใช้ในการพิจารณา ได้แก่ จำนวนทะลาย เนื่องจากมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับผลผลิตทะลาย และมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตทะลาย

ลักษณะน้ำมัน/ทะลาย: ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ควรใช้ในการพิจารณา ได้แก่ ผล/ทะลาย น้ำมัน/เนื้อปาล์มสม และน้ำมัน/ผล เนื่องจากมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับน้ำมัน/ทะลาย อีกทั้งมีอิทธิพลทางตรงสูงต่อน้ำมัน/ทะลาย และยังเป็นอิทธิพลทางอ้อมให้กับลักษณะอื่น ๆ ไปยังน้ำมัน/ทะลาย

ลักษณะผลผลิตน้ำมัน: ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ควรใช้ในการพิจารณา ได้แก่ ผลผลิตทะลาย และน้ำมัน/ทะลาย เนื่องจากมีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกกับผลผลิตน้ำมัน และมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมสูงต่อผลผลิตน้ำมัน

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา ทองชนะ, พสุ สกุลอารีวัฒนา, ธีรวุฒิ ตุ่นคำ และอุดม คำชา. 2557. การเปรียบเทียบพันธุ์ปาล์มน้ำมัน 6 สายพันธุ์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 1: 1-6.

เกริกชัย ธนรักษ์, จิราพรรณ สุขขิต, สายชล จันมาก, ดาริกา ดาวจันอัด, เพื่อม วุ้นชิ่ง, ปวีณา ไชยวรรณ์, ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์, อรวินทินี ชูศรี, สมพล นิลเวศน์, สุมาลี สุวรรณบุตร, สมใจ โควัสุรัตน์, จำลอง กกรัมย์, พสุ สกุลอารีวัฒนา, วสันต์ วรรณจักร และสมพงษ์ สุดเขตต์. 2558. กิจกรรมวิจัยการเปรียบเทียบพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานีในพื้นที่ต่าง ๆ. รายงานโครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน หน้า 71- 82.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. ข้อมูลสารสนเทศทรัพยากรดินรายจังหวัด. เข้าถึงได้จาก: http://gisinfo.ldd.go.th. [เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม 2563].

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2558. การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮาส์ จำกัด.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2558. คู่มือปาล์มน้ำมัน. สงขลา: ห้างหุ้นส่วนสามัญ หาดใหญ่ ดิจิตอล พริ้นท์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และวัชรินทร์ ชุ้นสุวรรณ. 2543. หลักการปรับปรุงพันธุ์. สงขลา: ภาคพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ. 2558. สรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาวะเครียด. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และประเสริฐ ฉัตรวชิรวงษ์. 2548. พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์. นครปฐม: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

วศะพงศ์ เอกสมทราเมษฐ์ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2553. อัตราพันธุกรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา. วารสารเกษตร 26: 231-239.

วัชรินทร์ ซุ้นสุวรรณ. 2549. วิธีการวิจัยทางเกษตร. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. ภาวะเศรษฐกิจการเกษตร. เข้าถึงได้จาก: http://www.oae.go.th. [เข้าถึงเมื่อ 29 สิงหาคม 2563].

สุรพล อุปดิสสกุล. 2536. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1. กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซท.

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. 2563. พันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 1-9. เข้าถึงได้จาก: http://www.doa.go.th/fc/palmsurat/. [เข้าถึงเมื่อ 19 กันยายน 2563].

ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร. 2547. อนุกรมวิธานดินในประเทศไทย. เข้าถึงได้จาก: http://www.mcc.cmu.ac.th. [เข้าถึงเมื่อ 30 กรกฎาคม 2563].

เอกนรินทร์ จันทร์รักษ์ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2558. การเปรียบเทียบผลผลิตของพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในจังหวัดสงขลา. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 2: 1-5.

Al-Jibouri, H.A., Kitter, P.A. and Robinson, H.F.1958. Genotypic and environmental variations and co-variances in an upland cotton cross of interspecific origin. Agronomy Journal 50: 533-536.

Al-Naggar, A.M.M., Atta, M.M.M., and Hassan, H.T.O. 2011. Variability and predicted genetic gain from selection for grain oil content and yield in two maize populations. Egyptian Journal of Plant Breeding 15: 1–12.

Arolu, I.W., Rafii, M.Y., Marjuni, M., Hanafi, M.M., Sulaiman, Z., Rahim, H.A., Abidin, M.I.Z., Amiruddin, M.D., Din, A.K. and Nookiah, R. 2017. Breeding of high yielding and dwarf oil palm planting materials using Deli dura x Nigerian pisifera population. Euphytica 213: 154.

Corley, R.H.V. and Tinker, P.B. 2003. The oil palm. Oxford: Blackwell Science Ltd.

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

Falconer, D.S. and Mackay, T.F.1996. Introduction to quantitative genetics. 3rd edn., Longman, London.

Francis, T.R. and Kannenberg, L.W. 1978. Yield stability studied in short - season maize. *In*. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science 58:1029-1034.

Franzese, M. and Iuliano, A. 2019. Correlation analysis. *In* Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology. (ed. Ranganathan, S., Gribskov, M., Nakai, K. and Schönbach, C.) Vol. I, pp. 706-721. United States: Elsevier.

Goh, K.J. 2000. Climatic requirements of the oil palm for high yields. *In*: Managing Oil Palm for High Yields: Agronomic Principles (ed. by Goh K.J.), pp. 1–17, Malaysian Soc. Soil Sci. and Param Agric. Surveys, Kuala Lumpur.

Hartley, C.W.S. 1988. The oil palm, 3rd edn., Longman, London.

Henson, I.E. 1993. Assessing front dry matter production and leaf area development in young oil palm. *In*: Proc. 1991 PORIM Int. Palm oil Conf.-agriculture (Ed. by Y. Basiron *et al*.), pp. 473-478, Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur.

Junaidah, J., Rafii, M.Y., Chin, C.W. and Saleh, G. 2011. Performance of *tenera* oil palm population derived from crosses between Deli dura and pisifera from different sources on inland soils. Journal of Oil Palm Research 23: 1210-1221.

Krualee, S., Sdoodee, S., Eksomtramage, T. and Sereeprasert, V. 2013. Correlation and path analysis of palm oil yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Kasetsart Journal (Natural Science) 47: 528-533.

Kumar, P.N., Babu, B.K., Mathur, P.K. and Pamajayam, D. 2018. Genetic engineering of oil palm. *In*: Genetic Engineering of Horticultural Crops (Ed by Rout, G.R. and Peter, K.V.), pp. 169-191, Academic Press. Doi.org/10.1016/B978-0-12-810439-2.00009-X.

Kushairi, A., Rajanaidu, N., Mohd Din, A., ISA, Z. A., Noh, A. and Junaidah, J. 2003. PS5: Breeding populations selected for thin shell teneras. MPOB Information Series TT No. 183.

Marhalil, M., Rafii, M. Y., Afizi, M. M. A., Arolu, I. W., Noh, A., Mohd Din A., Kushairi, A., Norziha, A., Rajanaidu, N., Latif, M. A. and Malek, M. A. 2013. Genetic variability in yield and vegetative traits in elite germplasm of MPOB-Nigerian dura × AVROS pisifera progenies. Journal of Food, Agriculture & Environment 11: 515-519.

Noh, A., Rafii, M.Y., Saleh, G. and Kushairi, A. 2010. Genetic performance of 40 Deli dura x Avros pisifera full-sib families. Journal of Oil Palm Research 22: 781-795.

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

Okoye, M.N., Okwuagwu, C.O. and Uguru, M.I. 2009. Population improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). American-Eurasian Journal of Scientific Research 4: 59-63.

Okwuagwu, C.O., Okoye, M.N., Okolo, E.C., Ataga, C.D. and Uguru, M.I. 2008. Genetic variability of fresh fruit bunch yield in Deli/dura x tenera breeding populations of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Nigeria. Journal of Tropical Agriculture. 46: 40-45.

Rafii, M.Y., Isa, Z.A., Kushairi, A., Saleh, G.B. and Latif, M.A. 2013. Variation in yield components and vegetative traits in Malaysian oil palm (*Elaeis guineensis* jacq.) dura × pisifera hybrids under various planting densities. Industrial Crops and Products 46: 147-157.

Rankine, I.R. and Fairhurst, T.H. (1998) Field handbook – Oil palm series, Vol. 3, Mature. Potash and Phosphate Inst., Singapore.

Robinson, H.F., Comstock R.E. and Horvey, V.H. 1949. Estimates of heritability and degree of dominance in soybean. Journal of Agronomy 41: 353-359.

Sapey, E., Peprah, B.B., Adusei-Fosu, K. and Agyei-Dwarko, D. 2015. Genetic variability of fresh fruit bunch yield (FFB) yield in some dura x pisifera breeding populations of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 15: 1637-1640.

Shi, P., Wang, Y. and Zhang, D. 2019. Analysis on fruit oil content and evaluation on germplasm in oil palm. HortScience 54: 1275-1279.

Singh, R. K. and Choudhary, B. D. 1985. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. New Delhi: Kalyani Publishers.

Sivasubramanian, S. and Menon, M. 1973. Heterosis and inbreed depression in rice. Madras Agricultural Journal 60: 1139.

Univanich. 2007. Univanich Palm Oil Public Company Ltd. Available from: http://univanich.com/ [access 25 August 2020]

Xianhai, Z., Denglang, P., Zhao, L., Junming, C. and Weifu, L. 2016. Evaluation of cold tolerant high yielding oil palm germplasm in Gaungdong Province of South China, a northern tropical region. Journal of Oil Palm Research 28: 266-280.