อัตราพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตในปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Heritability and Correlation between Vegetative Growth and Yield in Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)

ธีรภาพ แก้วประดับ

Theerapap Kaewpradub

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
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
2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ อัตราพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตในปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)

ผู้เขียน นายธีรภาพ แก้วประดับ

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

……

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินิจ เสรีประเสริฐ)

คณะกรรมการสอบ

……ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต)

…… กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

……กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินิจ เสรีประเสริฐ)

……กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล เหล่าสุวรรณ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

……

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ อัตราพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตในปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.)

ผู้เขียน นายธีรภาพ แก้วประดับ

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม วิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร ลักษณะน้ำหนักแห้งทางลำต้น และผลผลิตของปาล์มน้ำมันดูรา โดยได้ทำทดลองกับประชากรปาล์มน้ำมันปรับปรุงอายุ 3 ปี จำนวน 4 ประชากร ซึ่งได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน ที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด แต่ละประชากรทำการสุ่มต้นไว้จำนวน 15 ต้น (ซ้ำ) แต่ละต้นทำการเก็บบันทึกข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต และผลผลิตทะลาย

ผลการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรต่าง ๆ ส่วนใหญ่ ของประชากรดูรา 4 ประชากรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ของลักษณะต่างๆส่วนใหญ่มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวกที่สูง ยกเว้นลักษณะจำนวนทะลายและน้ำหนักทะลาย มีค่าสหสัมพันธ์ทั้งทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ในทางลบ (r_p = - 0.31, r_g = - 0.22) การวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะทางการเกษตรกับจำนวนทะลาย พบว่าลักษณะที่มีค่าอิทธิพลทางตรงที่สูงคือ ความกว้างใบย่อย และจำนวนใบย่อย (0.50 และ 0.48) ซึ่งคำนวณจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (1.74) คำนวณจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ สำหรับการวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะทางการเกษตรกับน้ำหนักทะลาย พบว่าลักษณะที่มีค่าอิทธิพลทางตรงที่สูงคือ ลักษณะความหนาทางใบ ความยาวทางใบ ความสูงที่เพิ่มขึ้น (0.17, 0.26 และ 0.34 ตามลำดับ) คำนวณจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และลักษณะจำนวนใบย่อย ความกว้างทางใบ และความยาวทางใบ (1.65, 2.05 และ 0.58 ตามลำดับ) คำนวณจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ ผลการประเมินอัตราพันธุกรรมในลักษณะต่างๆ ทางการเกษตรในประชากรดูราผสมตัวเอง พบว่าส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (h^2 อยู่ระหว่าง 0.01 – 0.67) ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมระดับปานกลาง (h^2 อยู่ระหว่าง 0.56 – 0.67) คือ ความกว้างทางใบ ความยาวทางใบ และความสูง

สำหรับลักษณะน้ำหนักแห้งทางลำต้นและผลผลิตพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรทั้ง 4 ประชากรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติทุกลักษณะ การประเมินสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ ในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักแห้งและผลผลิต พบว่าในลักษณะการผลิตน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative dry matter production, VDM) กับ น้ำหนักแห้งทางใบ (leaf dry weight, LDW) และลักษณะผลผลิต(yield, Y) กับการผลิตน้ำหนักแห้งรวม (total dry matter produced per year ,TDM) มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ในทางบวกที่สูง (r_p = 0.97 และ 0.87 ตามลำดับ) ส่วนดัชนีทะลาย (bunch index, BI) มีสหสัมพันธ์ในทางลบกับน้ำหนักแห้งทางใบ (r_p = -0.05) แต่มีสหสัมพันธ์ในทางบวกที่สูงกับผลผลิต (r_p = 0.88) เมื่อพิจารณาสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ระหว่างคู่ความสัมพันธ์ของทุกลักษณะมีสหสัมพันธ์ในทางบวกและมีค่าที่สูง ยกเว้นลักษณะพื้นที่ใบ จะมีสหสัมพันธ์ทาง จีโนไทป์ในทางลบกับน้ำหนักแห้งทางใบ (r_g = -0.05) และในการวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักแห้งไปยังผลผลิต พบว่าทั้งจากการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ พบว่าการผลิตน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้น และการผลิตน้ำหนักแห้งรวม มีอิทธิพลทางตรงสูงกับผลผลิต และพื้นที่ใบมีอิทธิพลทางตรงต่ำกับผลผลิต เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลทางอ้อมจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ พบว่า ทุกลักษณะมีอิทธิพลทางอ้อมสูงผ่านทางการผลิตน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้น และการผลิตน้ำหนักแห้งรวมไปยังผลผลิต และทุกลักษณะมีอิทธิพลทางอ้อมต่ำผ่านทางพื้นที่ใบ (leaf area, LA) ไปยังผลผลิต สำหรับการประเมินอัตราพันธุกรรมในลักษณะต่างๆที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักแห้งและผลผลิตพบว่า ลักษณะพื้นที่ใบ การผลิตน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตมีอัตราพันธุกรรมปานกลาง (h^2 = 0.36, 0.37, 0.40 ตามลำดับ) และในลักษณะน้ำหนักแห้งทางใบ น้ำหนักแห้งลำต้นที่เพิ่มขึ้น (trunk dry weight increase, TDW) และการผลิตน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้นมีอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 = 0.11, 0.19, 0.14 ตามลำดับ)

Thesis Title	Heritability and Correlation between Vegetative Growth and Yield in Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)
Author	Mr. Theerapap Kaewpradub
Major Program	Plant Science
Academic Year	2009

Abstract

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

The results showed that mean of most agronomic characters of improved populations were highly significant difference. Most of these characters had highly positive phenotypic and genotypic correlation, excepted bunch number and bunch weight showed negative value (r_p = - 0.31, r_g = - 0.22). Path analysis of agronomic characters with bunch number showed that had high direct effect for leaflet wide and leaflet number (0.50 and 0.48) calculated from phenotypic correlation and trunk diameter (1.74) calculated from genotypic correlation. Path analysis of agronomic characters with bunch weight showed that had high direct effect for petiole deep rachis length and height increment (0.17, 0.26 and 0.34 respectively) calculated from phenotypic correlation and leaflet number petiole wide and rachis length (1.65, 2.05 and 0.58 respectively) calculated from genotypic correlation. Estimation of heritability for these agronomic characters in improved oil palm populations showed low to moderate values (h^2 = 0.17 – 0.67). The moderate heritabilities ranged between 0.56 – 0.67 were

petiole wide, rachis length and plant height.

In path of vegetative dry matter and yield characters, the results showed that mean of most characters were highly significant difference. Estimation of phenotypic and genotypic correlation in dry matter and yield character showed that vegetative dry matter production (VDM) had high phenotypic correlation with leaf dry weight (LDW) (r_p = 0.97) and yield (Y) and total dry matter produced per year (TDM) had same result (r_p = 0.87). Bunch index (BI) had highly negative phenotypic correlation with LDW (r_p = 0.88). Genotypic correlation between most characters had positive and high values, but leaf area (LA) had negative genotypic correlation with LDW (r_g = -0.05). Path analysis of dry matter character from phenotypic and genotypic correlation showed that VDM and TDM had high direct effect with Y and LA had low direct effect with Y. Indirect effect showed that most characters had high indirect effect though VDM and TDM with Y and most characters had low indirect effect though LA with Y. Estimation of heritability for dry matter and yield character showed that LA, TDM and Y had moderate values (h^2 = 0.36, 0.37 and 0.40, respectively) and LDW, trunk dry weight increase (TDW) and VDM had low values (h^2 = 0.11, 0.19 and 0.14, respectively).

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วินิจ เสรีประเสริฐ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา และข้อแนะนำในการทำวิจัยตลอดจนการเขียน และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมปอง เตชะโต ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล เหล่าสุวรรณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสถานีวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผอ. สุวิชญ ตั้นสุวรรณ พี่วิท อาปอง และเจ้าหน้าที่ทุกคนของศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช (พันธุ์พืชเพาะเลี้ยง) กรมส่งเสริมการเกษตร อำเภอ นาบอน จังหวัด นครศรีธรรมราช ที่ได้กรุณาให้ความสะดวกในการเก็บข้อมูล

ขอขอบพระคุณ พี่ธีระพงศ์ พี่ประกิจ พี่ปราณี จากสถานีวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้คำปรึกษาด้านข้อมูลปาล์มน้ำมัน พี่กวน พี่เหน่ง พี่ตูน พี่อ้อย พี่จ๋า กุ้ง ทอง ซา น้องอู้ ที่ช่วยเก็บข้อมูล พี่เจี๊ยบที่ช่วยแนะนำกระบวนการเขียนเล่ม พี่นิวัต พี่ริน พี่หลัด พี่พจ พี่วุด ที่กรุณาพาไปเก็บข้อมูลและช่วยเก็บข้อมูลด้วย พงศักดิ์ เปีย ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการเรียน

ขอขอบพระคุณบุคคลากรทุกคนของคณะทรัพยากรธรรมชาติที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ และครอบครัวที่เป็นกำลังใจในการศึกษา

ธีรภาพ แก้วประดับ

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(9)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	29
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	30
3. ผลและวิจารณ์	40
4. สรุป	55
เอกสารอ้างอิง	57
ประวัติผู้เขียน	67

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าคาดหมายความแปรปรวนของ CRD สำหรับแบบจำลองปัจจัยสุ่ม	33
2	แสดงค่าคาดหมายความแปรปรวนของลักษณะ x หรือ y	34
3	แสดงค่าคาดหมายของความแปรปรวนร่วมระหว่างลักษณะ x และ y	35
4	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมัน 4 ประชากร	40
5	แสดงสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (r_p, เหนือแนวทะแยง) และสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ (r_g, ใต้แนวทะแยง) ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมัน	42
6	แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังจำนวนทะลาย (ค่าจากแนวทแยง หรือตัวหนา คืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทะแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)	44
7	แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังจำนวนทะลาย (ค่าจากแนวทแยง หรือตัวหนา คืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)	45
8	แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังน้ำหนักทะลาย (ค่าจากแนวทแยง หรือตัวหนา คืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)	47
9	แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังน้ำหนักทะลาย (ค่าจากแนวทแยง หรือตัวหนา คืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)	48
10	แสดงความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม (σ^2 e) พันธุกรรม (σ^2 g) ลักษณะแสดงออก (σ^2 p) และอัตราพันธุกรรม (h^2) ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมัน	49
11	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักแห้ง และผลผลิตในปาล์มน้ำมัน 4 ประชากร	50
12	แสดงสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (r_p, เหนือแนวทะแยง) และสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ (r_g, ใต้แนวทะแยง)ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิตในปาล์มน้ำมัน	51

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งไปยังผลผลิต (ค่าจากแนวทะแยง หรือตัวหนาคืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทะแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)	52
14	แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งไปยังผลผลิต (ค่าจากแนวทะแยง หรือตัวหนาคืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทะแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)	53
15	แสดงความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม (σ^2 e) พันธุกรรม (σ^2 g) ลักษณะแสดงออก (σ^2 p) และอัตราพันธุกรรม (h^2) ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิตในปาล์มน้ำมัน	54

บทที่1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชน้ำมันอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจทั้งในระดับโลกและในประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันชนิดเดียวที่ให้น้ำมันต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าพืชน้ำมันอื่นๆ ทุกชนิด และสามารถผลิตได้เฉพาะในเขตพื้นที่ปลูกจำกัดในเขตร้อนชื้นเท่านั้น ซึ่งมีเพียง 42 ประเทศ ที่สามารถปลูกได้ ประเทศที่สามารถปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ผลดี เช่น ประเทศมาเลเซีย โคลัมเบีย ไทย และอินโดนีเซีย สำหรับประเทศไทย ปาล์มน้ำมันได้ถูกนำเข้ามาปลูกในภาคใต้ของประเทศ และมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันก็ได้มีการขยายตัวของธุรกิจการแปรรูปปาล์มน้ำมันอย่างรวดเร็วเช่นกัน ทำให้ปัจจุบันปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันชนิดเดียวของไทยที่มีศักยภาพในการผลิตน้ำมันเพื่อใช้สำหรับการอุปโภคและบริโภคในประเทศที่สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันอื่น อย่างไรก็ตามเนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวนานมากกว่า 25 ปี ประกอบกับมีเกษตรกรรายย่อยใหม่หันมาปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้นทุกปี แต่ผลผลิตทะลายสดต่อพื้นที่ที่ให้ผลผลิตยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เนื่องจากเกษตรกรปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม พันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นพันธุ์ปลอมหรือพันธุ์ที่ไม่สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก การจัดการสวนและการจัดการปุ๋ยไม่เหมาะสมกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน จากปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตต่ำดังกล่าว พันธุ์ที่ใช้ปลูกมีความสำคัญเป็นอันดับแรก กล่าวคือ พันธุ์ที่ใช้ปลูกต้องเป็นพันธุ์ลูกผสมเทเนอราที่ได้จากการผสมของพ่อแม่พันธุ์ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว และได้มีการปลูกทดสอบผลผลิตในหลายๆ สถานที่จึงจะทำให้มั่นใจว่าสามารถที่จะให้ผลผลิตที่สูงได้ถ้ามีการจัดการที่ดี

งานวิจัยนี้มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการคัดเลือกปาล์มน้ำมันเบื้องต้นจากประชากรปาล์มน้ำมันปรับปรุง โดยใช้วิธีการพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร และลักษณะผลผลิต ควบคู่กับการศึกษาความสัมพันธ์ในแต่ละลักษณะ และความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางการเกษตร น้ำหนักแห้ง และผลผลิตในปาล์มน้ำมันที่มีอายุน้อย

การตรวจเอกสาร

1 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันได้รับการตั้งชื่อในทางพฤกษศาสตร์โดย Jacquin ว่า *Elaeis guineensis* Jacq. คำว่า *Elaeis* มาจากภาษากรีก คือ elation หมายถึงน้ำมัน ขณะที่ชื่อเฉพาะ *guineensis* แสดงถึงเอกลักษณ์ ในถิ่นฐานเริ่มต้นที่ชายฝั่ง Guinea ในปัจจุบันปาล์มน้ำมันมี 3 ชนิด คือ *E. guineensis* และ *E. oleifera* เป็น African และ American oil palm ตามลำดับ ส่วนชนิดที่ 3 ค้นพบโดย Barcella Odora แต่ได้รับการตั้งชื่อ *Elaeis odora* โดย Wessels Bore ซึ่งปาล์มน้ำมันชนิดนี้ยังมีข้อมูลน้อย

1.1 *Elaeis guineensis* Jacq. (The African oil palm)

Jacquin ได้จำแนกชนิดของปาล์มน้ำมันโดยใช้ลักษณะช่อดอกในการจำแนกคือ ช่อดอกตัวผู้ ช่อดอกตัวเมีย ช่อดอกผสม แต่การจำแนกความแตกต่างของช่อดอกไม่เป็นที่ยอมรับ เพราะมีพื้นฐานที่จำกัดมากเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน และไม่มีความรู้เรื่องการอธิบายของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม หลังจากนั้นได้มีการตระหนักถึงลักษณะของผล ซึ่งมีความแตกต่างกัน นั่นคือ ลักษณะผล ดูรา และ เทเนอรา ซึ่งสามารถทราบความแตกต่างจากความหนาของกะลา ดังนั้นจึงสามารถจำแนกชนิดของผลจากความแตกต่างที่ปรากฏภายนอก ด้วยเหตุนี้ชนิดของปาล์มทั้ง 3 แบบคือ ดูรา, เทเนอรา และ พิสิเฟอรา ถูกจำแนกโดย Janssens และชนิดของผล nigrescens และผลสีเขียว virescens ก็ถูกจำแนกโดย Janssens เช่นกัน

1.2 สัณฐานวิทยาและการเจริญเติบโต

1.1.1 เมล็ด

เมล็ดของปาล์มน้ำมันเป็นเมล็ดแข็งหุ้มด้วยเนื้อปาล์มซึ่งเป็นส่วนที่มีน้ำมันอยู่มาก เมล็ดประกอบด้วยกะลาและมีเมล็ดใน 1 – 3 เมล็ด แต่ในการตรวจสอบพบว่าส่วนใหญ่มีเมล็ดใน 1 เมล็ดซึ่งเป็นที่เก็บอาหารที่ใช้สำหรับในการงอกของต้นกล้า ขนาดเมล็ดมีความผันแปรมาก ขึ้นอยู่กับความหนาของกะลา และขนาดของเมล็ดใน ขนาดเมล็ดชนิดแอฟริกันดูรามีขนาดความยาว 2 – 3 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 4 กรัม แม้ว่ามีขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่เดลีดูรามี

น้ำหนักเฉลี่ย 5-6 กรัม และอาจหนักถึง 13 กรัม สำหรับแอฟริกันเทเนอรามีความยาว 2 เซนติเมตร หรือน้อยกว่า และมีน้ำหนักเฉลี่ย 2 กรัม

เมล็ดมีเส้นใยติดอยู่กับกะลาในลักษณะตามยาว มีช่องที่ใช้ในการงอกขอคัพภะ จำนวนช่องในแต่ละเมล็ดจะแตกต่างกัน และจำนวนเมล็ดในจะมีจำนวนเท่ากันกับช่องนั้น ในช่องจะมีจุกเส้นใยซึ่งจะมีรูปแบบตามแต่ละช่อง ภายในกะลาเป็นส่วนของเมล็ดในซึ่งมีเอนโดสเปิร์มเป็นเนื้อเยื่อแข็งและมีน้ำมันอยู่เป็นสีขาวเทา ล้อมรอบโดยเปลือกที่มีลักษณะแข็ง สีน้ำตาล – ดำ ภายในเอนโดสเปิร์มมีคัพภะยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร แต่จะแยกจากเอนโดสเปิร์ม โดยเนื้อเยื่อบางๆของเซลล์เอนโดสเปิร์ม

ลักษณะการงอกของคัพภะส่วนของส่วนยอดอ่อน และรากงอกออกมาเป็นทรงกระบอก ภายในเมล็ดใบเลี้ยงพัฒนาอย่างสม่ำเสมอ อวัยวะนี้มีสีเหลืองซึ่งขดม้วนไปในทิศทางเดียวกัน เป็นการเตรียมพื้นที่ผิวที่ดีสำหรับดูดซับน้ำ และธาตุอาหารจากเอนโดสเปิร์ม ภายใน 3 เดือนหลังเมล็ดเริ่มงอก เมล็ดมีแต่ช่องว่างเนื่องจากต้นอ่อนได้ใช้น้ำ และธาตุอาหารจากเมล็ดหมดไป (Anon, 1956)

1.1.2 **ต้นกล้า**

ระหว่าง 2 – 3 สัปดาห์แรกของการเจริญเติบโตต้นกล้าได้รับอาหารจากเอนโดสเปิร์ม Alang และคณะ (1988) รายงานว่าเอนโดสเปิร์มมีไขมัน 47 % และกาแลกโตแมนแนน 36 % โดยในการพัฒนาของต้นกล้าใช้กาแลกโตแมนแนนก่อนไขมัน Boatman และ Crombie (1958) รายงานว่า ไขมันในเอนโดสเปิร์มประมาณ 80 % ถูกใช้ไปใน 3 เดือนหลังการงอก และการใช้ไขมันจะเพิ่มเป็นเป็น 98 % ในระยะเวลา 5 เดือน ไขมันที่ถูกเก็บไว้บางส่วนถูกใช้ในกระบวนการหายใจ น้ำหนักรวมของเมล็ดที่รวมทั้งต้นกล้าลดลง 20 % ใน 3 สัปดาห์หลังการงอก Tan และ Hardon (1976) แสดงพื้นที่ใบในระยะอนุบาลแรก (prenursery) มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักของเมล็ดใน ทำให้ทราบถึงความสำคัญของอาหารที่สะสมอยู่ในเมล็ดซึ่งจำเป็นสำหรับก่อนการเจริญเติบโต แต่หลังจาก 6 เดือนซึ่งอยู่ในระยะอนุบาลหลัก (mainnursery) สหสัมพันธ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อ radicle เจริญได้ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร plumule โผล่ออกมาให้เห็นส่วนของรากแขนงเกิดขึ้นเหนือรอยต่อระหว่าง radicle กับ hypocotyl และมีรากชุดที่สองที่เกิดจาก radicle ก่อนใบแรกโผล่ออกมาให้เห็น การเจริญของ radicle เจริญต่อไปประมาณ 6 เดือน หลังจากนั้นรากชุดแรกพัฒนาเกิดขึ้นมามากมาย

หลังจากงอกประมาณ 1 เดือน แผ่นใบย่อยที่คลุมยอดอ่อน 2 แผ่นถูกสร้างขึ้น หลังจากนั้นผลิตใบ 1 ใบต่อ 1 เดือน จนกระทั่งต้นกล้าอายุครบ 6 เดือน การสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นหลังจากมีการคลี่บานของใบแรก และต้นกล้ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น การเคลื่อนย้ายสารอาหารจากเมล็ดระหว่าง 7 สัปดาห์แรกลดลง หากใบแรกแผ่เต็มที่สารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่าการสูญเสียเนื่องจากการหายใจทำให้เกิดการสะสมของน้ำหนักแห้งของต้นกล้า หลังจากต้นกล้าเจริญได้ 3 – 4 เดือน ฐานของลำต้นขยายขึ้น และรากชุดแรกโผล่ออกมาจากลำต้น รากนี้มีขนาดใหญ่กว่า radicle และเจริญเติบโตในมุม 45 องศา จากแนวตั้งขณะที่รากชุดที่สองเติบโตออกในทุกทิศทุกทางในระหว่างช่วงอนุบาลหลักของต้นกล้านี้ ใบเริ่มโตอย่างต่อเนื่องและเปลี่ยนรูปร่าง ในสองสามใบแรกเป็นใบแบบรูปหอก ใบต่อมาปรากฏจะมีการแยกออกระหว่างเส้นใบ และใบเริ่มเป็นใบแบบรูปหางปลา ซึ่งหลังจากใบรูปหางปลาใบแบบขนนกสร้างเป็นลำดับต่อมาซึ่งเป็นใบของปาล์มที่โตเต็มที่ แม้ว่าใบแบบขนนกมีการเชื่อมต่อกันอยู่ในส่วนปลายแต่ต่อมาภายหลังใบย่อยจะแยกออกกันอย่างอิสระ

1.1.3 การพัฒนาลำต้น และส่วนยอดของลำต้น

โดยทั่วไปก่อนการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันหลังระยะกล้ามีการพัฒนาเจริญของความกว้างของฐานลำต้นนอกเหนือจากการยืดตัวของปล้อง Jacquemard (1979) รายงานว่าการเจริญในด้านความสูงมีน้อยมากใน 3 ปีแรก หลังจากนั้นปล้องเริ่มยืดตัวทำให้ลำต้นมีลักษณะตั้งตรง ปล้องมีความเกี่ยวกับการเพิ่มของทางใบ สำหรับข้อสามารถมองเห็นในปาล์มที่อายุมาก

ปาล์มน้ำมันมีจุดเจริญอยู่ที่ส่วนปลาย 1 จุด ในบางกรณีปาล์มมีการแตกกิ่งก้านพัฒนาจากจุดเจริญที่มี 2 หรือมากกว่าซึ่งเป็นผลจากการทำลายส่วนปลายยอดส่งผลให้มีการสร้าง ยอดใหม่ 2 ยอด หรือมากกว่าโดยเนื้อเยื่อเจริญส่วนยอดมีลักษณะเป็นเหมือนแอ่ง อยู่ต่ำลงไปที่ส่วนของปลายยอด ในปาล์มที่โตเต็มที่แอ่งนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 – 12 เซนติเมตร และลึก 2.5 – 4 เซนติเมตร มีใบอยู่ในส่วนนี้ประมาณ 50 ใบ ใบปาล์มที่ยังอ่อนอยู่นี้ยังไม่มีการยืดตัว และมีการพัฒนาให้ใหญ่ขึ้นโดยฐานของใบขยายออกด้านข้าง

ลักษณะของยอดที่มีลักษณะเป็นแอ่งนี้เป็นการเจริญเติบโตขั้นแรกของปาล์ม (Tomlinson, 1961) การเจริญของเนื้อเยื่อเจริญส่วนนี้หนาขึ้นก่อนที่มีการยืดตัวเกิดขึ้น การเจริญเติบโตส่วนยอดเป็นการผลิตเนื้อเยื่อเจริญที่เป็นใบโดยส่วนใหญ่ การเจริญเติบโตที่ทำให้หนาขึ้นเป็นการนำมาเกี่ยวกับกิจกรรมของเนื้อเยื่อเจริญ แต่น้อยกว่าเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด และการแบ่งเซลล์เป็นการแบ่งออกห่างจากแนวราบเป็นส่วนใหญ่ ฐานของใบที่สมบูรณ์ล้อมรอบใบที่

อ่อนกว่า ฐานที่เพิ่มขึ้น (เส้นผ่านศูนย์กลาง) การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อด้านความหนาเกิดขึ้นเป็นอันดับแรก การยืดตัวของปล้องเกิดขึ้นภายหลัง

ส่วนยอดของปาล์มที่โตเต็มที่ประกอบด้วยใบ 30 – 50 ใบ ใบเหล่านี้เมื่อแก่ถูกตัดทิ้ง อย่างไรก็ตามฐานของใบยังคงอยู่ติดกับลำต้น จนกระทั่งปาล์มมีอายุอย่างน้อยที่สุด 12 ปี ฐานของใบนั้นหลุดไป และการหลุดของฐานใบมีมากเมื่อปาล์มมีอายุมากขึ้น โดยเริ่มหลุดจากกลางของลำต้นแล้วค่อยๆ ขยายออกทีละน้อยทั้งบนและล่าง เมื่อฐานของใบทั้งหมดนอกจากบริเวณยอดหายไป ต้นปาล์มเรียบ แต่บนลำต้นรอยแผลของฐานใบยังคงสามารถมองเห็นได้

การผลิตทางใบปาล์มที่เป็นระบบสามารถมองเห็นได้ โดยมีการเรียงตัวเป็นรูปสามเหลี่ยมอย่างหยาบๆ ในทางใบลำดับที่ 1, 2 และ 3 และเป็นสามเหลี่ยมอีกรูปหนึ่งในลำดับทางใบสามลำดับต่อมา การจัดลำดับเช่นนี้เป็นการทำให้เกิดการจัดตั้งของเกลียวหรือการเวียนของทางใบ (Anon, 1961)

ในการเจริญเติบโตของปาล์มที่ดีนั้นทำให้สามารถมองเห็นการเวียนของทางใบได้อย่างชัดเจน สำหรับการเวียนของทางใบนั้นในหนึ่งรอบเวียนมี 8 ทางใบ หรืออาจมีการเวียนในรูปแบบอื่นๆ ที่มองเห็นได้ชัด (13 ทางใบ) หากฐานของใบที่สร้างขึ้นมานั้นเป็นระเบียบ (พันธุกรรมของการเวียนของทางใบ) ทุก 1 รอบมี 8 ทางใบสามารถเห็นได้เหมือนกันทุกรอบ ขณะที่การเวียนแบบ 13 ทางใบ (แนวดิ่ง) ปรากฏการเวียนเหมือนกัน สำหรับการเวียนในรูปแบบอื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาสามารถเห็นได้บนต้นปาล์ม แต่ที่เห็นได้คือการเวียนเป็นเกลียว 8 ทางใบ และการเวียนของทางใบในลักษณะนี้มี 2 แบบ คือซ้ายมือและขวามือ ในการสำรวจการเวียนทั้ง 2 แบบ ในมาเลเซียเกือบ 53% ของปาล์มเวียนซ้าย

อัตราการขยายขนาดของลำต้นมีความแปรปรวนมาก ขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งสภาพแวดล้อม และพันธุกรรม ภายใต้ปริมาณแสงที่น้อยมาก หรืออุณหภูมิต่ำการเจริญเติบโตของต้นและใบช้ามาก ในการปลูกหนาแน่นหรือการปลูกเป็นพุ่ม (หลายต้นในหนึ่งหลุมหรือ หนึ่งต้นหลายยอด) ต้นปาล์มมีการยืดตัว และเนื่องจากการยืดตัวของก้านทางใบ และแกนทางใบ จึงทำให้สีของใบซีด ความสูงที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.3 – 0.6 เมตรต่อปี สำหรับในคู่ผสม L2 (เทเนอรา) x D10 (ดูรา) ในไอเวอรี่โคส เฉลี่ยความสูงเพิ่มขึ้น 0.48 เมตรต่อปี ระหว่างอายุ 6 – 20 ปี (Jacquemard, 1979)

เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นไม่นับรวมฐานของใบมีระยะตั้งแต่ 20 – 75 เซนติเมตร ในปาล์มเดลีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมีระยะจาก 45 – 60 เซนติเมตร (Jagoe,

1934) แต่เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นของดัมพีกว้างกว่า 10 – 30 % (Jagoe, 1952) และเตี้ยกว่า 30 – 40 %

หน้าที่ของลำต้นคือค้ำจุน ลำเลียง และเก็บอาหาร ตรงกลางลำต้นกว้าง และเป็นทรงกระบอกแยกจากเนื้อเยื่อคอร์เทค ลำต้นทรงกระบอกมีบริเวณเส้นขอบนอกซึ่งมีมัดท่อลำเลียงแออัดกันอยู่จำนวนมาก นั่นคือแผ่นมัดท่ออาหาร และมีเซลล์พาเรงไคมาแทรกอยู่ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเนื้อเยื่อ ดังนั้นเนื้อเยื่อบริเวณนี้เกี่ยวข้องกับการค้ำจุนลำต้น ในบริเวณกลางลำต้นมีความหนาแน่นของมัดท่อลำเลียงน้อยกว่าขอบนอกลำต้นซึ่งมีเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการสะสมอาหาร มีเม็ดแข็งและเซลล์ที่บรรจุซิลิกามากมาย มัดท่อลำเลียงภายในลำต้นมีหน้าที่ในการลำเลียงน้ำ และธาตุอาหารไปสู่ใบ และลำเลียงสารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงไปสู่ราก

1.1.4 ใบ

ส่วนยอดของปาล์มที่โตเต็มที่มีการสร้างตาใบอย่างต่อเนื่อง แยกออกทางด้านข้างของเนื้อเยื่อเจริญส่วนยอด การพัฒนาของใบช้ามาก และมีประมาณ 40 – 60 ใบ ใบแต่ละใบเจริญอยู่ในตายอดประมาณ 2 ปี จากนั้นก็มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วเป็นแบบรูปหอก และในที่สุดก็คลี่บานออก (Broekman, 1957) ฐานของใบที่พัฒนาสมบูรณ์ล้อมรอบส่วนยอดของลำต้น

โดยทั่วไปใบที่เจริญเติบโตเต็มที่เป็นใบแบบขนนก ใบย่อยจะมีลักษณะแยกออกทั้งสองข้าง ส่วนทางใบแยกเป็นสองบริเวณคือ แกนทางใบซึ่งมีใบย่อย และก้านทางใบซึ่งจะสั้นกว่าแกนทางใบ มีหนามสั้นๆ อยู่ด้านข้าง (Anon, 1962) ที่รอยต่อระหว่างก้านทางใบ และแกนทางใบมีร่องรอยของใบย่อยขนาดเล็ก ก้านทางใบมีความยาวประมาณ 1.2 เมตร และมีสีเขียว เหลืองแกมเขียวหรือ สีเหลืองน้ำตาล เมื่อมองทางด้านล่าง (ด้านที่หันออกจากลำต้น) บางครั้งมีสีดำตรงกลางโดยส่วนใหญ่ที่ฐานมีสีอ่อนกว่า ความแปรปรวนของสีที่ปรากฏเป็นผลจากพันธุกรรมและเป็นประโยชน์ในการแยกความแตกต่างระหว่างโคลน ส่วนพื้นผิวด้านบนของก้านทางใบเป็นสีออกเทา ส่วนในแกนทางใบมีสีเหมือนก้านทางใบแต่อ่อนกว่า

หนามของปาล์มน้ำมันมี 2 ชนิด คือ fibre และ midrip หนามที่ติดกับก้านทางใบเป็นลักษณะที่เกิดจากฐานของก้านทางใบเรียกว่า fibres ซึ่งมีการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ หนามนี้อยู่ใกล้กันทั้งหมด และขนาดความยาวไม่แตกต่างกัน ใบย่อยแรกอยู่ที่ฐานของแกนทางใบมีการพัฒนาที่ไม่สมบูรณ์มีจำนวนน้อยกว่าใบย่อยที่พัฒนาสมบูรณ์ บ่อยครั้งที่ใบย่อยฉีกขาดและส่วนที่เหลืออยู่คือหนามเป็นลักษณะเฉพาะตัวของหนามที่เรียกว่า midrip

แกนทางใบแข็ง และเป็นเส้นใยมีความยาวประมาณ 8 เมตร ที่บริเวณปลายเกือบทั้งหมดมีลักษณะเป็นวงกลมในการตัดขวาง แต่ในบริเวณตอนกลางไม่สมส่วนจากหน้าตัดด้านข้างซึ่งติดกับใบย่อยส่วนที่อยู่ต่ำกว่า (ส่วนที่นูน) มีความแข็งและโค้งกว่าส่วนที่อยู่ด้านบน

การผลิตทางใบของปาล์มน้ำมันเกิดขึ้นทุกปี โดยปาล์มในสวนจะเพิ่มขึ้นระหว่าง 30 – 40 ทางใบต่อปีในปาล์มอายุ 2 – 4 ปี หลังจากนั้นการผลิตลดลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปถึงระดับ 20 – 25 ทางใบต่อปี เมื่อปาล์มอายุเกิน 8 ปี (Corley and Gray, 1976a) ในปาล์มที่กำลังเจริญเติบโต (เพิ่งปลูก) ใบหอกถูกผลิตในแนวดิ่งขณะที่ใบหอกอีกใบยืดตัวอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามในสภาพแล้งอย่างรุนแรงใบหอกหลายๆใบยืดตัวก่อนที่ใบแก่ที่สุดจะบาน ดังนั้นอาจจะมี 6 ใบหรือมากกว่าใกล้ใบหอกที่ยืดตัวเต็มที่ที่โผล่ออกมาจากกลางยอด ขณะที่บริเวณที่ฝนตกมากการคลี่บานของใบหอกส่วนใหญ่บานอย่างสม่ำเสมอ

หลังจากใบบานเต็มที่แล้ว จะเลื่อนต่ำลงอย่างเป็นขั้นตอน ขณะที่ใบที่อ่อนกว่าโผล่ออกมา ใบที่มีอายุกลางๆมีตำแหน่งที่ขนานกับพื้นดินจากยอดที่เปลี่ยนทิศทาง และตำแหน่งอยู่ต่ำลง ใบอ่อนที่เกิดขึ้นใหม่มีทิศทางที่ตรงข้ามกับใบที่แก่กว่า

ใบย่อยมีการเรียงตัวในลักษณะขึ้นและลงสลับกัน เป็นเช่นนี้ตลอดแต่ถ้าเป็นลักษณะที่ผิดปกติไม่เป็นตามนี้ (ยกเว้น *E. olifera*) ในทำนองเดียวกันมุมภายในแต่ละตำแหน่งที่แทรกอยู่ไม่แน่นอน (ไม่เท่ากัน) อย่างไรก็ตามจำนวนที่มีอยู่สองตำแหน่ง (ขึ้น - ลง) และความไม่แน่นอนของใบย่อยที่แทรกอยู่ มันเป็นลักษณะพิเศษที่ปรากฏของปาล์ม และแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความห่างกันทางพันธุกรรมของ *E. olifera* ใบย่อยเดี่ยวมีลักษณะเป็นเส้นตรง จำนวนใบย่อยมีประมาณ 250 – 300 ใบต่อทางใบที่โตเต็มที่ และความยาวของใบย่อยอาจยาวถึง 1.3 เมตรและกว้างถึง 6 เซนติเมตร เส้นกลางใบของใบย่อยแข็ง และเรียว

ในสภาวะที่มีความแห้งแล้งต้นปาล์มไม่เหี่ยวเพราะใบปาล์มมีสัดส่วนของลิกนินในเนื้อเยื่อสูง และเซลล์เอพิเดอมีสซึ่งมีคิวติเคิลหนา ลักษณะนี้เป็นการพัฒนาที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ผิวด้านบน และด้านล่างของแผ่นใบมีปากใบ และเซลล์คุมของปากใบจะมีผนังเซลล์ที่หนา และเรียงตัวกันแน่นตลอดความยาวของปากใบ และนอกจากนี้ยังพบเซลล์ที่ช่วยส่งเสริมการปิดเปิดของปากใบอยู่ระหว่างเซลล์คุม และช่องว่างของปากใบ ในประเทศมาเลเซียค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของปากใบ 175 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร (Henson, 1991) ลักษณะนี้เป็นโครงสร้างที่ปรับตัวสำหรับการป้องกันช่วงเวลาการแห้งแล้งที่ยาวนานเกินไป

1.2.5 ระบบราก

radicle ของต้นกล้าจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ 4.4 มิลลิเมตรต่อวัน และมีความยาวสูงสุดประมาณ 50 เซนติเมตร (Jourdan and Rey, 1997) ประมาณหนึ่งเดือนหลังงอกรากแขนงชุดแรกโผล่ออกมาจากรอยต่อระหว่าง radicle กับ hypocotyl

ในปาล์มที่โตเต็มที่รากชุดแรกมีประมาณ 1000 รากที่แผ่ออกจากฐานของลำต้น ถูกสร้างขึ้นแทนรากส่วนที่ตายไป ทิศทางการสร้างอยู่ในแนวดิ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในดิน Lambourne (1935) ศึกษาการเจริญเติบโตของรากปาล์มอายุ 11 ปีในประเทศมาเลเซีย ในดินซึ่งมีน้ำผิวดิน 1 เมตร ต่ำกว่าพื้นผิวในฤดูแล้ง ในสภาพแวดล้อมเช่นนี้ไม่มีรากที่แทรกลงไปด้านล่างที่ระดับความลึกนี้ ส่วนใหญ่รากจะอยู่ในพื้นผิวที่ระดับความลึกประมาณ 45 เซนติเมตร และได้เสนอว่ารากจะไม่แทรกอยู่เบื้องล่างที่ระดับของน้ำผิวหน้าถาวร ในการเปรียบเทียบในดินที่มีการระบายของน้ำอย่างอิสระรากชุดแรกเคลื่อนต่ำลงได้ลึกกว่า Jourdan และ Rey (1997) รายงานว่ารากชุดแรกสามารถที่จะหยั่งลึกลงไปถึง 6 เมตรในไอเวอรี่โคส

รากชุดแรกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 – 10 มิลลิเมตร แผ่ออกจากฐานลำต้นของปาล์มในแนวดิ่งมากกว่าแนวราบ แม้ว่ารากชุดแรกโผล่ออกมาจากฐานของลำต้นในทุกๆ ด้าน แต่รากมีการแผ่สองแนวคือรากแนวราบ และรากแนวดิ่ง Ruer (1969) รายงานว่ารากที่เคลื่อนที่ลง (descending roots) บางส่วนทำการดูดซึมน้ำ ถ้ารากชุดแรกทั้งหมดนอกเหนือจากรากหยั่งลึกถูกตัด การเปิดของปากใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นพื้นผิวรากที่ปรากฏมีความสำคัญสำหรับการดูดน้ำขึ้นมาใช้ของต้นปาล์ม

รากชุดที่สองมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 – 4 มิลลิเมตร แตกกิ่งออกมาจากรากชุดแรกเจริญเติบโตทั้งลงล่าง และขึ้นบน รากที่ขึ้นบนมีความสำคัญกว่ารากที่ลงล่าง รากชุดที่สองที่ขึ้นด้านบนนี้โดยทั่วไปสามารถเจริญไปถึงพื้นผิวของดิน ขณะที่รากชุดที่สองที่ลงด้านล่างแทรกลงในดินลึกหลายเมตร ต่อมาแยกตัวเป็นรากชุดที่สามมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 – 1.5 มิลลิเมตร และความยาว 20 เซนติเมตร หลังจากนั้นมีการพัฒนาของรากชุดที่สี่มีเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 0.2 – 0.5 มิลลิเมตร และความยาว 3 เซนติเมตรเท่านั้น การเจริญเติบโตของรากในรากชุดแรก รากชุดที่สอง และ รากชุดที่สามมีความยาว 1.5, 0.75, 0.3 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ Jourdan และ Rey (1997) วัดการเจริญเติบโตของรากชุดแรก รากชุดที่สอง และ รากชุดที่สามสูงกว่าคือ 3, 2 และ 0.8 มิลลิเมตรต่อวันใน ตามลำดับ

รากทุกประเภทมีความหนาแน่นมากบริเวณดินชั้นบนที่ความลึก 60 เซนติเมตร และลดลงตามระยะห่างจากต้นปาล์ม แต่ในปาล์มที่มีอายุมากน้ำหนักแห้งรวมของรากที่ดูดซึมน้ำ

เป็นวงกลมล้อมรอบลำต้นต่อเนื่องกันเป็นรัศมี 3.5 – 4.5 เมตร Lambourne (1935) รายงานว่า รากชุดแรกของปาล์มเดี่ยวมีระยะทาง 19 เมตรจากลำต้น และมีรากดูดซึมทั้งหมดอยู่ระหว่างกลาง ปริมาณของรากที่มากที่สุดอยู่ระหว่างความลึกดิน 20 และ 60 เซนติเมตร และส่วนที่ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำที่มากที่สุดคือรากชุดที่สี่ และปลายรากของรากชุดแรก รากชุดที่สอง และ รากชุดที่สาม (Taillez, 1971) อย่างไรก็ตามความหนาแน่นของรากมีมากที่ระดับความลึกใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และปริมาณน้ำในดิน (Chan , 1977)

รากทุกประเภทมีทิศทางการเจริญเติบโตไปยังบริเวณที่มีน้ำ และธาตุอาหารที่ดีกว่า หรือบริเวณที่มีการเน่าของต้น หรือบริเวณที่มีการกองพูนของทางปาล์ม หรือใต้พืชคลุม สิ่งเหล่านี้ทำให้มีปริมาณรากหนาแน่นโดยเฉพาะรากชุดที่สี่ รากรวมตัวกันบริเวณนี้เพื่อการดูดซึมน้ำและธาตุอาหาร สำหรับการปลูกพืชคลุม เพอร์ราเรีย และดินที่ทับถมกันดีในโคลัมเบียพบว่า รากชุดที่สาม และ รากชุดที่สี่ มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากระยะห่างจากต้นปาล์ม และรากเหล่านี้ค่อยๆ ลดลงเมื่อมีระยะห่างจากลำต้นมากขึ้น (Hartley, 1988)

โครงสร้างของรากชุดแรกประกอบด้วยเอพิเดอมีส และไฮโปเดอมีส ล้อมรอบคอร์เทค ซึ่งอยู่ตรงกลางระหว่างเอพิเดอมีส และ สตีล (กลุ่มมัดท่อลำเลียง) สตีลล้อมรอบโดยเอนโดเดอมีส มีจำนวนมัดท่อลำเลียง 34 – 45 มัด และมีพิทซึ่งแข็งเป็นเนื้อไม้อย่างรวดเร็วในรากที่แก่ (Jourdan and Rey, 1997 ; Jourdan *et al*, 2000) รากชุดที่สอง และ รากชุดที่สามมีความโครงสร้างเหมือนกับรากชุดแรก แต่มีมีจำนวนมัดท่อลำเลียง 15 – 25 และ 8 – 12 มัดตามลำดับ (Jourdan and Rey, 1997) ปลายรากอ่อนของรากชุดแรก รากชุดที่สอง และ รากชุดที่สาม เจริญเติบโตวัดได้ 3 – 4, 5 – 6 และ 2 – 3 เซนติเมตร ตามลำดับขณะที่รากชุดที่สี่ ยาว 1 – 3 เซนติเมตรเท่านั้น และเกือบทั้งหมดไม่แข็งและไม่มีขนราก รากของปาล์มน้ำมันอาจจะติดเชื้อรา mycorrhiza (vascular mycorrhiza - arvascular mycorrhiza) (Moton, 1942; Nadarajah, 1980) เส้นใยของราแตกสาขาระหว่างเซลล์ของราก และเพิ่มจำนวนมากขึ้นในดิน ซึ่งรากมีบทบาทสำคัญในการนำธาตุอาหารไปใช้โดยเฉพาะฟอสเฟต

รากใต้ดิน และรากอากาศของ *E. guineensis* (และปาล์มอื่นๆ) สามารถเป็นที่อยู่ของ pneumatode (สัตว์จำพวกไส้เดือน) โดยช่วยระบายอากาศของรากใต้ดิน pneumatode บนอากาศมากกว่ารากใต้ดิน แต่ในทางกลับกันในประเทศแถบแอฟริกาตะวันตก พบในต้นกล้าที่กำลังเจริญเติบโตในโรงเรือน หรือที่มีการเก็บน้ำอยู่ หรือมีความชื้นมากๆ (Purvis, 1956)

ลักษณะรากที่มี pneumatode อยู่ภายในจะทำให้ เอพิเดอมีส และไฮโปเดอมีสแตก คอร์เทค และสตีลโผล่ออกมาท้ายที่สุด pneumatode เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าจุด

เจริญไม่ได้รับอันตราย หลังเอพิเดอมีส และไฮโปเดอมีสแตกเซลล์เชื่อมกันได้เป็นลักษณะถ้วยและบางครั้งรากปกติก็จะพัฒนาอีกครั้ง

ความสามารถของรากในการดูดซึมธาตุอาหารและน้ำ เป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความยาวรวมของรากต่อหน่วยปริมาตรของดิน Tinker (1976) กล่าวว่าในปาล์มอายุ 4.5 - 6.5 ปี มีความยาวรวมของรากประมาณ 32,000 – 45,000 เมตรต่อต้น

1.2.6 ช่อดอก

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ช่อดอกตัวผู้ และช่อดอกตัวเมียอยู่คนละช่อดอก แต่อยู่ในต้นเดียวกัน ช่อดอกตัวผู้ และช่อดอกตัวเมียมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ช่อดอกจะเกิดขึ้นที่ซอกใบของทุกๆใบ แต่บางช่อดอกฝ่อก่อนที่จะโผล่ออกมา และอาจพบช่อดอกแฝดในซอกใบเดียวกัน ช่อดอกที่พัฒนาขึ้นสามารถเป็นได้ทั้งช่อดอกตัวผู้ ช่อดอกตัวเมีย และช่อดอกผสม (กะเทย) ช่อดอกที่ผลิตโดยปาล์มที่มีอายุน้อยส่วนใหญ่ที่เป็นช่อดอกตัวผู้ แต่หลังจากนั้นสัดส่วนของช่อดอกตัวผู้ที่ผลิตจะน้อย หรือเป็นลักษณะที่ไม่ปกติ หรือช่อดอกกะเทย เป็นลักษณะปกติที่สามารถพบได้ในปาล์มที่อายุน้อย

ช่อดอกแต่ละช่อดอกประกอบด้วยก้านช่อดอกที่แข็งแรงยาว 30 – 45 เซนติเมตร กับก้านทะลาย (spikelets) แต่ก้านช่อดอกมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับอายุของปาล์ม Thomas และคณะ (1970) รายงานว่ามีความแตกต่างเล็กน้อยระหว่างช่อดอกตัวผู้ และช่อดอกตัวเมียที่อยู่ในซอกใบ เมื่อช่วงการกำหนดเพศเสร็จสิ้น และมีการพัฒนาของช่อดอกออกมาระหว่างซอกใบสุดท้ายของการพัฒนาได้ช่อดอกที่สมบูรณ์ จำนวนช่อดอกย่อยต่อช่อดอกผันแปรตามอายุ และขนาดทะลายปาล์ม ในปาล์มที่โตเต็มที่ในคองโกมีค่าเฉลี่ยจำนวนของช่อดอกย่อยต่อช่อดอกประมาณ 100 – 283 ในช่อดอกกะเทยมีการรวมกันของช่อดอกย่อยตัวผู้ และช่อดอกย่อยตัวเมีย ค่าเฉลี่ยของจำนวนช่อดอกย่อยตัวผู้ และช่อดอกย่อยตัวเมียเป็นผลมาจากการดูแลเอาใจใส่ต้นปาล์ม Corley และ Gray (1976b) แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนช่อดอกย่อยที่เพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์มจากค่าเฉลี่ยประมาณ 60ช่อดอก ในปาล์มอายุ 3 ปี ถึง 150 ช่อดอกในปาล์มอายุ 10 ปี

ช่อดอกตัวเมียมีความยาวประมาณ 30 เซนติเมตรก่อนเปิดออก ดอกมีการจัดเป็นเกลียวรอบๆ ก้านของช่อดอกย่อย ดอกอยู่ในช่องที่ตื้นในกลีบเลี้ยง กลีบเลี้ยงนี้พัฒนารูปร่างเป็นหนาม ซึ่งยื่นออกมาจากทะลายที่เจริญเติบโต จึงทำให้ยากสำหรับการเก็บเกี่ยว จำนวนของดอกในช่อดอกผันแปรตามอายุ ขนาดทะลาย และความสมบูรณ์ของต้นปาล์ม โดยมีจำนวนมากมาย (12 - 30) บนช่อดอกย่อยบริเวณตรงกลาง และ 12 หรือต่ำกว่าในส่วนที่สูงกว่า หรือต่ำกว่าช่อดอก

ย่อยบริเวณตรงกลาง Corley และ Gray (1976b) รายงานว่ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 10 ดอกต่อก้านดอกย่อยในปาล์มอายุ 3 ปี เพิ่มขึ้นมากกว่า 15 ดอกหลังปาล์มอายุ 10 ปี ในช่อดอกมีจำนวนดอกตั้งแต่ 200 – 300 ดอก จนถึงหลายพันดอก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุของปาล์มเป็นหลัก

การบานของดอกปกติใช้เวลาประมาณ 36 – 48 ชั่วโมง แต่อาจขยายเวลาออกไปเป็นสัปดาห์ ดอกบริเวณที่ฐานของช่อดอกย่อยบานก่อน จากนั้นก็ถัดไปจนถึงยอด และภายในแต่ละช่อดอกย่อย พบว่าที่ฐานของช่อดอกย่อยบานก่อน หลังจากบานยอกเกสรตัวเมียมีสีออกม่วง เนื่องจากสารแอนโทไซยานิน Tandon และคณะ (2001) รายงานว่าละอองเกสรไม่สามารถงอกบนยอดเกสรตัวเมียที่เปลี่ยนสีแล้ว

ช่อดอกตัวผู้มีก้านยาวกว่าช่อดอกตัวเมีย และมีลักษณะยาวเรียว ช่อดอกย่อยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกไม่มีหนาม มีกลีบเลี้ยงสั้น และส่วนปลายนูนออกมาช่อดอกย่อยวัดความยาวได้ 10 – 20 เซนติเมตร และกว้าง 0.8 – 1.5 เซนติเมตร

ก่อนดอกบานฐานรองดอกที่สมบูรณ์ล้อมรอบด้วยกลีบเลี้ยงเป็นสามเหลี่ยม ประกอบด้วยกลีบหุ้มดอกขนาดเล็กมาก 6 กลีบ มีเกสรตัวผู้ 6 หรืออาจจะเป็น 7 กลีบหุ้มดอกภายนอก 3 กลีบแข็ง และภายในอ่อน ดอกจะยาว 3 – 4 มิลลิเมตร และกว้าง 1.5 – 2 มิลลิเมตร ช่อดอกย่อยของปาล์มเทเนอราอายุ 8 ปี ในประเทศมาเลเซียมีค่าเฉลี่ยของดอกประมาณ 785 ดอก มีประมาณ 150 ช่อดอก ดังนั้นในช่อดอกมีดอกมากกว่า 100,000 ดอก

เกสรตัวผู้เปิดออกโดยมีการแยกในแนวดิ่ง เม็ดละอองเกสรตอนแรกมีรูปร่างเป็นรูปไข่ แต่ที่โตเต็มที่มี 2 เซลล์ เป็นรูปสามเหลี่ยม ดอกเริ่มบานจากฐานของช่อดอกย่อย และดอกทั้งหมดในช่อดอกย่อยบานหมดภายใน 2 วัน แม้ว่าฤดูฝนมีระยะเวลายาวออกเป็น 4 วัน ละอองเกสรทั้งหมดที่ร่วงหลุดตามธรรมชาติ 2 – 3 วันเริ่มบาน และเสร็จสิ้นการผลิตภายใน 5 วัน ละอองเกสรยังคงมีชีวิตต่ำกว่า 6 วันหลังดอกบาน ในช่อดอก 1 ช่อดอกผลิตละอองเกสรสดได้ 25 – 100 กรัม

Williams และ Thomas (1970) รายงานว่าช่อดอกย่อยตัวผู้ ช่อดอกย่อยตัวเมีย และช่อดอกย่อยกะเทยปรากฏในทะลายเดียวกัน ปาล์มบางต้นมีแนวโน้มมากที่ผลิตช่อดอกผสมมากกว่าช่อดอกดอกย่อยตัวผู้ ช่อดอกย่อยตัวเมีย บางครั้งปาล์มที่มีอายุน้อยผลิตช่อดอกที่มีลักษณะพิเศษที่เรียกว่า andromorphic คือการปรากฏของช่อดอกตัวผู้ก่อน แต่ดอกตัวผู้ถูกแทนที่โดยดอกตัวเมียซึ่งอยู่ในช่อดอกตัวผู้ (มีจำนวนไม่มาก) บ่อยครั้งที่ผลเทียมถูกพัฒนาจากดอก Williams และ Thomas (1970) รายงานว่า andromorphic เริ่มผลิตระหว่างช่วงกำหนดเพศจาก

ระยะดอกตัวเมียไปยังระยะดอกตัวผู้เป็นดอกตัวเมียในวงจรการออกดอก แต่ไม่ถูกต้องในปาล์มที่มีอายุน้อย

1.2.7 ผล

ผลปาล์มไม่มีก้าน และมีเมล็ดแข็งมีรูปร่างที่แตกต่างกัน จากรูปเกือบทรงกลมถึงรูปไข่หรือยาว ความยาวมีความแตกต่างกันจากประมาณ 2 เซนติเมตร ถึงมากกว่า 5 เซนติเมตรมีน้ำหนักจาก 3 กรัมถึงเกิน 30 กรัม ผลของเดลีจากประเทศแถบตะวันออกไกล มีแนวโน้มใหญ่กว่าประเทศแถบอื่นๆ มีผลที่มีลักษณะผิดปกติเช่น poissoni, mantled หรือ diwakkawakka การเจริญเติบโตเหมือนมีเนื้องอก และมีเนื้อมาก หรือมีส่วนประกอบของเกสรตัวเมียล้อมรอบส่วนหลักของผลชนิด mantled พบน้อย ในพื้นที่หนึ่งของไนจีเรียพบว่าใน 20,291 ทะลายมีเพียง 33 ทะลายที่เกิดเท่านั้น

การสุกของผลปาล์มพิจารณาจากสีผล โดยทั่วไปสีผลมีสีน้ำตาลดำในขณะที่ยังอ่อนอยู่ เมื่อผลสุกสีจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีแดง แต่จุกผลยังเป็นสีน้ำตาลดำเหมือนเดิม เรียกสีผลชนิดนี้ว่า nigrescens type นอกจากนี้ในกลุ่มยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ rubro-nigrescens และ rutilo-nigrescens พวก rubro-nigrescens ผลแก่มีสีแดงทั้งผลยกเว้นส่วนที่เป็นจุกผล ส่วนพวก rutilo-nigrescens ผลแก่มีสีแดงในส่วนบน และมีสีน้ำตาลในส่วนล่าง และสีผลอีกชนิดหนึ่งเมื่อผลสุกเปลี่ยนสีเปลือกนอกจากสีเขียวเป็นสีส้มแดง แต่จุกยังเป็นสีเขียวอยู่ ส่วนมากเป็นพันธุ์ที่ปลูกกันในทวีปเอเชีย เรียกสีผลชนิดนี้ว่า virescens type ความถี่ชนิด virescens ประมาณ 50 ใน 10,000 ทะลายในพื้นที่เล็กๆ ในไนจีเรีย และ 72 ใน 10,000 ในแองโกลา (Hartley, 1988) นอกจากนั้นยังพบผลปาล์มชนิด albescens ซึ่งมีลักษณะสีซีดเนื่องจากมีระดับแคโรทีนในเนื้อปาล์มต่ำมาก และถูกบันทึกครั้งแรกในกานา ภายใต้ชื่อ abefita แต่ภายหลังได้ชื่อเป็น albescens และถูกใช้ต่อมาใน คองโก แองโกลา ไนจีเรีย ไอเวอรีโคส และประเทศอื่นๆ ในทวีปแอฟริกา สำหรับในแองโกลาความถี่ที่พบคือ 3 ใน 10,000 เท่านั้น

ในโครงสร้างภายในของผลความแตกต่างที่สำคัญที่สุดคือความหนาของกะลา ซึ่งมีตั้งแต่ 1 – 8 มิลลิเมตร อาจพิจารณาการแบ่งของผลในลักษณะกะลาหนาและกะลาบาง ซึ่งค่อนข้างไม่เจาะจง อย่างไรก็ตามลักษณะกะลาที่มีน้อยมาก (ไม่มี) คือพิสิเฟอรา กะลามีน้อยมากเป็นผลปาล์มที่เป็นหมัน ปาล์มพิสิเฟอรามีทะลายตัวเมียมาก และมีการจำแนกเป็น 3 ชนิดคือ

เป็นหมัน บางครั้ง 2 – 3 ผล แต่การเน่าของทะลายเป็นปกติ การพัฒนาของการเจริญเติบโตทางลำต้นเร็วมาก

เป็นหมันบางส่วน ผลที่ปฏิสนธิต่อทะลายมีจำนวนน้อยการพัฒนาของการเจริญเติบโตทางลำต้นเร็ว แต่น้อยกว่าแบบแรก

ไม่เป็นหมัน ปาล์มชนิดนี้ค่อนข้างมีน้อย มีประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์

ในผลที่เป็นหมันไม่มีการพัฒนาของไข่อ่อนหรือการพัฒนานั้นถูกชะลอ ความผิดปกติของเนื้อเยื่อรอบๆ ไข่อ่อนเกิดขึ้นด้วยเหมือนกัน (Henry and Gascon, 1950) การเป็นหมันอาจพบได้ในเทเนอรา และ ดูรา

ข้อแตกต่างของพิสิเฟอราคือ ส่วนใหญ่ผลที่กะลาบาง และมีเส้นใยวงแหวนฝังอยู่ในเนื้อปาล์มใกล้ถึงและล้อมรอบเมล็ด สามารถที่จะเห็นได้ชัดเมื่อตัดผลตามขวาง การศึกษาในทางพันธุกรรมแสดงให้เห็นว่าลักษณะกะลาที่บาง และมีเส้นใยวงแหวนนั้นเป็นเทเนอรา เป็นลูกผสมระหว่างมีกะลาเล็กน้อย (ไม่มีกะลา) นั่นคือพิสิเฟอรา และกะลาปกติคือดูรา ไม่มีเส้นใยวงแหวน

เนื้อปาล์มของผลทั้งหมดประกอบด้วยเส้นใยซึ่งวางตัวอยู่ตามแนวยาวของผลผ่านเนื้อเยื่อที่มีลักษณะเป็นน้ำมัน เส้นใยนี้มีประมาณ 16 % ของน้ำหนักเนื้อปาล์ม แต่มีความผันแปรจาก 11 – 21 % ความจุของน้ำมันในเนื้อปาล์มของผลสุกผันแปรจาก 40 – 60 % เส้นใยวงแหวนในเทเนอราเป็นสีดำ เส้นใยกระจายในส่วนอื่นๆ (ยกเว้นเมล็ด) ผ่านเนื้อปาล์ม

1.2.8 ทะลาย

ช่อดอกตัวเมียที่บานพบในซอกใบที่ 17 – 20 จากใบที่เป็นรูปหอก (ยอดที่ไม่บาน) พัฒนาเป็นทะลายที่สุกใช้เวลา 4.5 และ 6 เดือน และทะลายสุกประมาณซอกใบที่ 30 – 32 ทะลายยื่นออกมาจากซอกใบไปในทางเดียวกับลายวน ผลพัฒนาอย่างสม่ำเสมอทั้งขนาด และน้ำหนักจากการเริ่มบานของดอกจนถึง 100 วัน หรือมากกว่า หลังการบานในตอนแรกเมล็ดในเป็นน้ำ จากนั้นเป็นวุ้น และแข็งประมาณ 100 วันหลังการบาน คัพภะโตเต็มที่ 70 – 80 วัน และกะลาเริ่มแข็งประมาณ 120 วัน น้ำมันในเมล็ดในถูกสร้างเริ่มต้นที่ 70 วัน และเป็นไปได้ที่สมบูรณ์ประมาณ 120 วัน ส่วนน้ำมันในเนื้อปาล์มเริ่มสังเคราะห์ประมาณ 120 วัน และดำเนินต่อไปจนกระทั่งผลสุก และแยกออกจากทะลาย

ทะลายสุกเป็นรูปทรงไข่ยาวประมาณ 50 เซนติเมตร หรือมากกว่า และกว้าง 35 เซนติเมตร ทะลายประกอบด้วย ก้านทะลาย ก้านช่อดอก หนาม สำหรับในผลเทียม (pathenocapic) ไม่มีเอนโดสเปิร์ม และคัพภะ ตรงกลางผลปาล์มประกอบด้วยกะลาในดูราแต่ในเทเนอราจะไม่มีกะลา สัดส่วนที่สูงของผลเทียมสามารถชักนำโดยการใช้ออกซิน (Auxin) รวมทั้ง

naphthylene acetic acid หรือ 2,4 – D พ่นที่ช่อดอก (Thomas *et al*, 1973) ผลเทียมอาจถูกสร้างโดยทะลายที่ล้มเหลว หรือถูกชักนำโดยบังเอิญโดยยาฆ่าวัชพืชต่างๆ (Wan, 1987)

น้ำหนักทะลายเพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์ม จากค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 5 กิโลกรัมในปาล์มอายุ 3 ปี ถึง 25 กิโลกรัมในปาล์มอายุ 15 ปี (Corley and Gray, 1976b) ทะลายปาล์มเดี่ยวอาจมีน้ำหนักมากถึง 100 กิโลกรัม จำนวนทะลายที่ถูกผลิตต่อต้นต่อปีลดลงเมื่อปาล์มมีอายุมากขึ้น จำนวนทะลายจะถูกผลิตสูงสุดที่อายุประมาณ 6 – 10 ปี หลังจากนั้นผลผลิตลดลงถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักทะลายสูงขึ้น

จำนวนของดอกปกติที่พัฒนาเป็นผลมีประมาณ 30 – 60 % ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการถ่ายละอองเกสร จากอัตราส่วนของผลไปยังทะลายมี 60 – 70 % โดยน้ำหนัก กลุ่มของทะลายที่ดีมีผลจาก 500 – 4000 ผล ขึ้นอยู่กับขนาดทะลาย ค่าเฉลี่ยประมาณ 1500 – 2000 ผลในปาล์มอายุ 10 – 15 ปี ความเข้าใจในการสุกของทะลายมีความสำคัญ ที่สามารถเห็นได้ชัดคือการเปลี่ยนสีของผล นั่นคือโดยทั่วไปเนื้อปาล์มเปลี่ยนเป็นสีส้ม ขณะที่แคโรทีนอยถูกสังเคราะห์ในเวลาเดียวกันกับการสังเคราะห์น้ำมัน

2 การผลิตน้ำหนักแห้งของปาล์มน้ำมัน

การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืชส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการวัดน้ำหนักแห้งโดยการทำลาย (ต้น ใบ ดอก และผล) ในปาล์มน้ำมันก็เช่นกัน สำหรับจุดประสงค์ของการศึกษาการเจริญเติบโตคือการผลิตน้ำหนักแห้ง โดยในปาล์มน้ำมันสามารถแบ่งได้เป็น

- ทางใบที่ถูกผลิตขึ้นใหม่ รวมถึงใบย่อย ก้านทางใบและแกนทางใบ
- การเพิ่มน้ำหนักแห้งในลำต้น
- การเพิ่มน้ำหนักแห้งของใบที่ยังไม่บานและจุดเจริญ
- การเพิ่มน้ำหนักแห้งของช่อดอกตัวผู้ที่ถูกผลิตขึ้น
- น้ำหนักของทะลาย
- การเพิ่มน้ำหนักแห้งของราก
- น้ำหนักแห้งของรากแก่ที่ถูกแทนที่โดยรากใหม่ (roots turnover)

นอกจากการวัดองค์ประกอบทั้งหมดนี้ในการศึกษาส่วนใหญ่ทำในปาล์มน้ำมันที่มีอายุแตกต่างกัน ทั้งในประเทศแถบแอฟริกาตะวันตก และประเทศมาเลเซีย และมีการคาดหมายการผลิตน้ำหนักแห้ง (Rees and Tinker, 1963; Ng *et al*, 1968; Corley *et al*, 1971) ปาล์มน้ำมันมี

อัตราการผลิตน้ำหนักแห้งสูงขึ้น และส่วนใหญ่สูงขึ้นเนื่องจากพื้นที่ใบสมบูรณ์ปกคลุมพื้นดินทั้งหมด และอาจมีการซ้อนกันของทางใบส่งผลคือมีการบังแสงกันสูง

Ng และคณะ (1968) รายงานว่าการเพิ่มน้ำหนักแห้งทางลำต้นมากกว่าส่วนอื่นๆ บางครั้งเพราะว่าฐานของใบที่ถูกตัดรวมกับลำต้น Corley และคณะ (1971) มุ่งสู่ทฤษฎีการเจริญเติบโตทางลำต้นมาก่อนเมื่อสารอาหารถูกจำกัด (และในไนจีเรียในฤดูแล้ง) ต่อมาภายหลังงานนี้ถูกยืนยันโดย overflow model ว่าการเจริญเติบโตทางลำต้นได้รับสารอาหารที่เพียงพอก่อนหลังจากนั้นส่งไปยังผลผลิต ซึ่งเป็นการชี้แนะแหล่งจำกัดของผลผลิต

2.1 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน

น้ำหนักแห้งรวมของส่วนเหนือดินของพืชในแปลงมีการสะสมเพิ่มขึ้นทุกปีในพืชหลายฤดู น้ำหนักแห้งที่สะสมในส่วนเหนือดินหลักๆ เกิดขึ้นในลำต้น จากน้ำหนักแห้ง 40 ตันต่อเฮกตาร์ หรือมากกว่าในปาล์มที่แก่กว่า 20 ปี อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งของลำต้นเกี่ยวข้องกับฐานของใบ และได้มีการรายงานว่าน้ำหนักแห้งของฐานใบเท่ากันกับ น้ำหนักแห้งของลำต้นในปาล์มอายุ 10 ปี สำหรับปาล์มที่แก่กว่า 10 ปี มีค่าคงตัวมาเกี่ยวข้อง ค่าคงที่นี้เกี่ยวข้องกับทางใบใหม่ที่เกิดขึ้น ทางใบที่แก่ตายหรือถูกตัดออก

2.2 น้ำหนักแห้งราก

น้ำหนักแห้งของรากสามารถถูกประเมินโดยการขุดตัวอย่างดินขึ้นมา ตัวอย่างนั้นต้องมีขนาดใหญ่ แต่มีความแตกต่างมากมายระหว่างรายงานที่ปรากฏสำหรับน้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งราก อาจมากในฤดูแล้งของ ประเทศแถบแอฟริกาตะวันตกกว่าประเทศแถบตะวันออกไกล เมื่อเปรียบเทียบในสวนปาล์มอายุเท่ากัน Ree และ Tinker (1963) ประมาณ น้ำหนักแห้งราก ไว้ที่ 16.4 ตันต่อเฮกตาร์สำหรับปาล์มอายุ 17 ปี และ Corley และคณะ (1971) รายงานไว้ 7.5 ตันต่อเฮกตาร์ เท่านั้นในปาล์มอายุเดียวกันในมาเลเซีย

Tailliez (1971) รายงานว่าน้ำหนักแห้งของรากในดินดำที่ประกอบด้วยมูลสัตว์ซากพืชมากกว่าในดินตะกอนทับถม Henson และ Chai (1997) น้ำหนักแห้งของรากในดินชายฝั่งตะกอนทับถม (15.9 ตันต่อเฮกตาร์) สูงกว่า ดินในผืนแผ่นดิน (7 – 10.8 ตันต่อเฮกตาร์) จากข้อมูลที่รายงานสามารถสรุปได้ว่าความแตกต่างของน้ำหนักแห้งรากเกิดขึ้นระหว่างชนิดของดิน

ในปีแรกๆ น้ำหนักแห้งของรากเพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์มที่เพิ่มขึ้น และจะดำเนินต่อไปประมาณ 8 – 10 ปี เช่นเดียวกับน้ำหนักแห้งของทางใบ ข้อมูลของ Corley และคณะ (1971)

แสดงไม่มีแนวโน้มระหว่างปาล์มอายุ 10 และ 17 ปี แต่น้ำหนักแห้งมีมากกว่าในปาล์ม 27 ปี เพราะว่ามีการเคลื่อนย้ายคาร์บอนไปยังรากแก่ที่ถูกแทนที่ด้วยรากใหม่ในปาล์มที่แก่กว่า

3. การประมาณค่าลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

3.1 พื้นที่ใบ (LA)

Hardon และคณะ (1969) ประมาณพื้นที่ใบจากการวัดตัวอย่างใบย่อยที่ยาวที่สุดโดยใช้สมการ LA = b(nlw) correction factor b มีค่าจาก 0.51 ถึง 0.57 ในความแตกต่างของกลุ่มอายุ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างลูกผสมสำหรับในการประมาณพื้นที่ใบค่า b เท่ากับ 0.55 สามารถนำมาคำนวณพื้นที่ใบจากสูตรข้างต้นได้ Henson (1993) ประมาณพื้นที่ใบจากปาล์มระยะอนุบาลถึงอายุ 8 ปี จากนั้นสร้างความสัมพันธ์ได้คือ LA = - 0.25 + 0.455 nlw ถ้า correction factor ของ Hardon ถูกใช้ในการประมาณพื้นที่ใบ ค่าที่ประมาณได้เกินค่าจริงประมาณ 20 %

Tailliez และ Ballo koffi (1992) อธิบายทางเลือกวิธีการของการประมาณพื้นที่ใบโดยแบ่งแกนทางใบเป็น 10 ส่วนยาวเท่าๆ กันแล้วนับใบย่อยในแต่ละส่วน และวัดความยาวและความกว้างของใบย่อยหนึ่งใบจากแต่ละส่วน พื้นที่ใบจริงได้จากผลรวมของแต่ละส่วนใน nlw คูณโดย correction factor ที่ไม่เฉพาะ วิธีนี้ใช้ความพยายามมากกว่า Hardon และคณะ (1969) แต่มีความถูกต้องมากกว่า Corley และ Breure (1981) กล่าวว่าวิธีของ Hardon มีปัญหาคือตำแหน่งตามแกนทางใบของใบย่อยที่ถูกใช้ Hirsch (1980) แสดงพื้นที่ใบมีสหสัมพันธ์อย่างสูงกับน้ำหนักสดของใบย่อย

3.2 น้ำหนักแห้งทางใบ (LDW)

Corley และคณะ (1971) รายงานว่าน้ำหนักแห้งทางใบสามารถประมาณจากความกว้างและความลึกของก้านทางใบ โดยวัดบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างก้านทางใบและแกนทางใบ สำหรับน้ำหนักแห้งรวมจะรวมน้ำหนักแห้งทางใบเข้าด้วยกัน ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งทางใบถูกคำนวณโดยจำนวนของทางใบใหม่ที่ผลิตขึ้น สำหรับวิธีการนับจำนวนทางใบที่ผลิตขึ้นมีวิธีการคือทำสัญลักษณ์ที่ใบอ่อนที่สุดที่บานเต็มที่ (ทางใบที่ 1) โดยสีและนับจำนวนของทางใบที่เพิ่มขึ้นในปีต่อมา

Henson (1993) รายงานว่าน้ำหนักแห้งทางใบประมาณเกินในปาล์มอายุน้อยกว่า 5 ปี และสามารถสร้าง regression coefficient ที่เพิ่มขึ้นกับอายุของปาล์ม จากค่า 0.04 ในปาล์มอายุ

1 ปี ถึง 0.10 ในปาล์มอายุ 6 ปี ท้ายที่สุดได้สมการ LDW = 0.102P + 0.21 และในสุมาตราสมการ regression LDW = 0.078P + 0.395 ถูกใช้ สำหรับน้ำหนักแห้งของใบย่อย ก้านทางใบและแกนทางใบมีความสำพันธ์กันกับหน้าตัดของก้านทางใบเช่นกัน (ใบย่อย = 0.0305P + 0.12, แกนทางใบ = 0.0327P + 0.07 และก้านทางใบ = 0.01P + 0.41)

3.3 น้ำหนักแห้งลำต้น (TDW)

การเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นรายปีทำให้ปาล์มมีความสูงที่เพิ่มขึ้นเป็นทรงกระบอกและสามารถคำนวณปริมาตรได้จากรัศมีของลำต้น ความสูงที่เพิ่มขึ้นประจำปีทำให้มีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น (สมการ $T = VS = (\pi r^2 h) S$) ค่านี้เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นของลำต้นซึ่งคำนวณได้จากการเพิ่มขึ้นของอายุปาล์ม (สมการ S = 0.0076t + 0.083) Gray (1969) รายงานว่าส่วนยอดของลำต้นในปาล์มทุกอายุมีน้ำหนักแห้งต่ำ ส่วนยอดนี้ความหนาแน่นเท่ากัน และเพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์ม การสะสมน้ำหนักแห้งรวมของลำต้นน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆ (ทางใบ ราก และทะลาย)

4. การผลิตน้ำหนักแห้งของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

Corley และคณะ (1971) ใช้ดัชนีทะลาย (BI) ประมาณการสร้างน้ำหนักแห้งของผลผลผลิตและแยกองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับดัชนีทะลาย Squire (1984) รายงานว่าดัชนีทะลายสามารถคำนวณในเทอมของพลังงาน เพราะพลังงานจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์น้ำมัน Squire บันทึกการเปรียบเทียบลักษณะทางการเกษตรของหน่วยทดลองมีความแตกต่างในน้ำมันต่อทะลายระหว่างหน่วยทดลองเกิดขึ้น แต่มีความแตกต่างน้อยกว่าความแตกต่างเนื่องจากพันธุกรรม

4.1 การผลิตน้ำหนักแห้งของการเจริญเติบโตทางลำต้น (VDM)

สารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงถูกกระจายไปยัง ลำต้น ใบ ราก และช่อดอก (โดยเฉพาะที่เห็นได้ชัดคือทะลาย, ช่อดอกตัวผู้แต่น้อย) ผลผลิตทะลายเพิ่มขึ้นเกือบเป็นสัดส่วนโดยตรง ขณะที่ VDM แสดงแนวโน้มที่มากขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น overflow model นี้ถูกใช้ในการบรรยายการแบ่งแยก และสามารถให้เหตุผล และผลลัพธ์เมื่อมีการผลิตน้ำหนักแห้ง โดยเฉพาะ

การเจริญเติบโตทางลำต้นมีการตอบสนองไปยังความแตกต่างในความสมบูรณ์ของดิน หรือการใช้ปุ๋ย

4.1.1 การผลิตทางใบ

จำนวนของทางใบใหม่ที่ผลิตในปาล์มต่ำในปีแรกหลังปลูก หลังจากนั้นเพิ่มเป็น 40 ทางใบต่อปีใน 2 ปีหลังปลูก เมื่อปาล์มมีอายุมากขึ้นการผลิตทางใบลดลง (Jacquemart, 1979; Gerritsma and Soebagyo, 1999) การผลิตทางใบของปาล์มหลังอายุ 8 – 12 ปี อยู่ที่ประมาณ 20 – 24 ทางใบต่อปี

อัตราการผลิตทางใบสำหรับปาล์มที่โตเต็มที่มีความแตกต่างกัน เพราะมีของเงื่อนไขหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง Broekmans (1957) บันทึกค่าเฉลี่ยการผลิตทางใบโดยในปาล์มอายุ 10 – 15 ปีในประเทศไนจีเรียผลิต 22.5 ทางใบต่อปี ในประเทศมาเลเซียค่าเฉลี่ยในช่วงอายุเดียวกันคือ 20.7 ทางใบต่อปี (Corley และ Gray, 1976a) ในประเทศอินโดนีเซีย Gerritsma และ Soebagyo (1999) บันทึกไว้ 22.5 – 23 ทางใบต่อปี และ Breure (1994) รายงานระหว่าง 21 และ 24.5 ทางใบต่อปีในประเทศปาปัวนิวกินี จากการศึกษาพบว่าอัตราการผลิตทางใบมีความแตกต่างกัน เนื่องมาจาก ปุ๋ย ระบบการชลประทาน และความหนาแน่นของการปลูก

4.1.2 พื้นที่ใบ และน้ำหนักใบ

พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งมีการตอบสนองต่อปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญแต่ไม่ตอบสนองไปยังปัจจัยอื่นๆ

4.1.3 การเจริญเติบโตของลำต้น

ความสูงที่เพิ่มแต่ละปีขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตทางใบ และความสูงที่เพิ่มขึ้นต่อทางใบหรือความยาวปล้อง Jacquemart (1979) รายงานว่าการเจริญเติบโตทางด้านความสูงในช่วงอายุปาล์ม 3 ปีแรกหลังปลูกมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ อัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นขณะนั้นเพิ่มขึ้นน้อยกว่าความสม่ำเสมอจากปาล์มที่มีอายุประมาณ 6 ปี จนกระทั่งต่ำกว่า 25 ปี ความยาวของปล้องไม่ปรากฏชัดเจนแต่สามารถรู้ได้จากความสูงที่เพิ่มขึ้น และข้อมูลการผลิตทางใบ สำหรับตัวอย่าง ถ้าการผลิตทางใบลดลงจากการเพิ่มความหนาแน่นของจำนวนต้นปาล์ม และความสูงที่เพิ่มขึ้นจากความหนาแน่นนี้เป็นการชี้ให้เห็นความยาวของปล้องที่เพิ่มขึ้น

4.1.4 การเจริญเติบโต และการแทนที่รากแก่โดยรากใหม่

การเจริญเติบโตของรากไม่มีค่าคงที่เหมือนการเจริญเติบโตส่วนเหนือดินมาเกี่ยวข้อง มีความแปรปรวนมากในการวัดน้ำหนักแห้งระหว่างความแตกต่างของดินและสภาพแวดล้อม มีการเสนอแนะความเป็นไปได้ไปยังความแตกต่างในการรวมน้ำหนักแห้งประจำปีในระบบราก

ก่อนการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน การเพิ่มขึ้นทั้งหมดของน้ำหนักแห้งรวมของรากทำโดยการประมาณความเป็นไปได้ของการผลิตน้ำหนักแห้งของรากเท่านั้น และได้รับการยอมรับว่าการเพิ่มของน้ำหนักแห้งรากมาจากการแทนที่ของรากแก่โดยรากใหม่แต่การแทนที่นี้วัดได้ยากมาก Ruer (1969) รายงานว่าการแทนที่รากแก่โดยรากใหม่ มี 15 % ในรากชุดแรก 31 % ในรากชุดที่สอง และ57 % ในรากที่มีขนาดเล็ก (รากชุดที่สาม และรากชุดที่สี่) แทนที่ในแต่ละปี

Henson และ Chai (1997) ประมาณการแทนที่รากแก่โดยรากใหม่ ในประเทศมาเลเซียจากสมดุลคาร์บอนในดิน การหายใจในดินถูกวัดและประมาณการหายใจของรากคำนวณจากการวัดน้ำหนักแห้งรากแล้วหักลบออกด้วยการหายใจจากการหยุดทำงานของจุลินทรีย์ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินซึ่งถูกประมาณจากน้ำหนักของทางใบที่ถูกตัดแต่งออก การแทนที่รากแก่โดยรากใหม่ประมาณ 2.9 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี และน้ำหนักแห้งที่ส่วนเหนือดินประมาณ 1.6 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ฉะนั้นน้ำหนักแห้งรวมรวมรากเข้าด้วยกันประมาณ 4.5 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี

Henson และ Chai (1997) ใช้วิธีที่สองเกี่ยวข้องกับการขุดดินออก แล้วเติมดินใหม่ที่ไม่มีรากลงในหลุมที่ว่างเปล่าแล้ววัดการเจริญเติบโตของรากในหลุม 6 เดือนให้หลังสามารถประมาณการเจริญเติบโตของรากรวมใน 6 สถานที่ประกอบด้วย 2 กลุ่มอายุมีตั้งแต่จาก 1.2 ถึง 4.4ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี การแทนที่รากแก่โดยรากใหม่ คำนวณจากความแตกต่างระหว่างการเจริญเติบโตของรากรวม และการเพิ่มขึ้นทั้งหมดของน้ำหนักแห้งมีค่าจากศูนย์ (ใน 1 กลุ่มของปาล์ม 3 – 4 ปี) ถึง 4 ตัน ต่อเฮกตาร์ และจากค่าเฉลี่ย 4 กลุ่มของปาล์มอายุ 9 – 10 ปี อยู่ที่ 2.1 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี

วิธีการทั้งหมดที่ถูกใช้มีปัญหา และค่าที่ประมาณได้จากในแต่ละวิธีมีความแตกต่างกัน แต่ค่าการประมาณของการแทนที่รากแก่โดยรากใหม่ ประเทศจากตะวันออกไกล ต้องต่ำกว่า ประเทศแถบแอฟิกา เหตุผลหนึ่งสำหรับการแทนที่รากแก่โดยรากใหม่ที่สูงในประเทศแถบแอฟริกา คือรากส่วนใหญ่ตายระหว่างฤดูแล้งประจำปี

4.2 การผลิตน้ำหนักแห้งของลักษณะผลผลิต

การผลิตทะลายมีความผันแปรระหว่างสภาพแวดล้อม Squire และ Corley (1987) สร้างความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างการขัดขวางพลังงานรังสี (แสง) ต่อต้นกับผลผลิตทะลาย เมื่อการขัดขวางถูกแก้ไขโดยการตัดแต่งทางใบ หรือแก้ไขในปาล์มที่ปลูกความหนาแน่นสูงทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น Squire (1986) สร้างความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงกับผลผลิตทะลายในการทดลองที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ปุ๋ย และมีการชี้แนะว่าผลผลิตทะลายเป็นแหล่งที่ถูกจำกัด เนื่องจากถูกจำกัดโดยการสร้างคาร์โบไฮเดรตจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งสารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเปลี่ยนเป็นน้ำหนักแห้งสะสมอยู่ที่ส่วนของการเจริญเติบโตทางลำต้นก่อน เมื่อเพียงพอแล้วจึงสะสมในลักษณะผลผลิต Corley (1973) รายงาน VDM ไม่มีนัยสำคัญถ้าปาล์มที่ปลูกมีความหนาแน่นระหว่าง 112 – 368 ต้นต่อเฮกตาร์ Corley และ Donough (1992) รายงานว่ามีนัยสำคัญลดลงใน VDM จากการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของต้นปาล์ม Corley (1976) แสดงการตัดแต่งทางใบอย่างรุนแรงทำให้ VDM ลดลง 4 % (แต่ทำให้ผลผลิตลดลง 65 %) ตรงกันข้ามเมื่อผลผลิตลดลงโดยการตัดช่อดอกออก 75 % VDM จะเพิ่มขึ้น (Corley and Breure, 1992) แต่การลดลงของผลผลิต 45 % เกี่ยวเนื่องกับการเพิ่มของ VDM 5 % เท่านั้น การตัดช่อดอกทั้งหมดออกส่งผลให้ VDM เพิ่มขึ้น 22 %

4.2.1 ปาล์มอายุน้อย

Henson (1990) เสนอว่าอัตราการสังเคราะห์แสงด้วยถูกกระตุ้นโดยการพัฒนาของทะลายที่มีอยู่ แหล่งรับอาหารของปาล์มที่มีอายุน้อยมีน้อยกว่าปาล์มที่โตเต็มที่ ประการแรก อัตราการสังเคราะห์แสงด้วยเกือบสองเท่า 2 เดือนก่อนทะลายแรกถูกเก็บเกี่ยว สารที่ได้จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์น้ำมัน ประการที่สอง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของปาล์มที่มีอายุน้อยมีสหสัมพันธ์กับจำนวนทะลายที่พัฒนาบนต้นปาล์ม ประการที่สาม เมื่อ 75 % ของทางใบถูกตัดออกจากปาล์มอายุน้อยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบยังคงเพิ่มขึ้นในการนำไปใช้ในทะลายปาล์ม แต่ไม่เพิ่มขึ้นถ้าปราศจากทะลายปาล์ม Gerritsma (1988) อัตราการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นหลังการตัดแต่งทางใบ การตัดทางใบออกทั้งหมดอย่างรุนแรงของปาล์มก่อนระยะออกผลไม่มีผล (Wood *et al*, 1973) และแนะนำการเจริญเติบโตระยะนี้ไม่ถูกจำกัดโดยสารอาหารจากการบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ผลของการเสนอแนะนี้มีผลกลับมาควบคุมอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยความต้องการของแหล่งรับอาหาร Henson (1990) รายงานว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในใบปาล์มที่

ไม่ออกผลมีมากกว่าใบปาล์มที่ออกผล สำหรับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของปาล์มน้ำมันก่อนระยะออกผลมีปริมาณมากที่เพียงพอสำหรับความจำเป็นของการเจริญเติบโตทางลำต้นหรือการเจริญเติบโตที่แหล่งรับถูกจำกัด

4.2.2 ปาล์มโตเต็มที่

หากระยะออกผลเริ่มขึ้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นในการตอบสนองไปยังความต้องการพิเศษของแหล่งรับในขณะที่แหล่งผลิตเริ่มจำกัด อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตทางลำต้นเป็นสิ่งที่ต้องมาก่อน (การใช้สารอาหาร) การเจริญเติบโตทางผลผลิต การตัดช่อดอกออก 50 % มีผลเล็กน้อยเท่านั้นต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง และ crop growth rate ขนาดของทะลายยังคงเพิ่มขึ้น และขนาดของใบยังคงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ถ้าปราศจากการตัดทะลายออกทั้งผลผลิต และการเจริญเติบโตทางลำต้นถูกจำกัดโดยสารอาหาร การตัดช่อดอกออก 75 % หรือ 100 % นำไปสู่การเจริญเติบโตทางลำต้นที่มากขึ้น แต่จาก 2 – 3 หรือไม่มีทะลาย ความต้องการของแหล่งรับเริ่มมีจำกัด

5 ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต

การเปลี่ยนแปลงในผลผลิตทะลายสดเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งหนึ่งหรือหลายๆ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทะลาย จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลาย ดังนั้นการเข้าใจผลของสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบเหล่านี้สามารถช่วยในการอธิบายความไม่แน่นอนของผลผลิต ซึ่งมีความสำคัญในการพยากรณ์ผลผลิต และโดยทั่วไปจำนวนทะลายมีความแปรปรวนมากกว่าน้ำหนักทะลาย รอบผลผลิตประจำปีส่วนมากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนทะลาย

จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายสามารถหยุดชะงัก มีความเกี่ยวข้องกับจำนวนขององค์ประกอบย่อย คือ อัตราการผลิตทางใบ สัดส่วนเพศ อัตราการฝ่อของทะลาย และอัตราการล้มเหลวของทะลาย สำหรับจำนวนทะลาย จำนวนช่อดอกย่อย จำนวนดอกต่อช่อดอกย่อย กลุ่มของผล น้ำหนักต่อผล และน้ำหนักของก้าน สำหรับน้ำหนักทะลาย

Lim และ Chan (1998) จำนวนทะลายต่อต้นต่อปีลดลงอย่างต่อเนื่องกับอายุจากสูงสุด 28 ทะลายในปาล์ม 5 ปี หลังปลูกเหลือน้อยกว่า 8 ทะลายต่อปีในปาล์ม 25 ปี และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักทะลายจากน้อยกว่า 10 ถึง 27 กิโลกรัม

การศึกษาการพัฒนาของช่อดอกและองค์ประกอบผลผลิต มีความสำคัญกับสมดุลคาร์โบไฮเดรตระหว่างแหล่งสร้างอาหาร และแหล่งรับ การตัดแต่งทางใบมาก และการปลูกหนาแน่นสูงส่งผลต่อกิจกรรมของแหล่งสร้างอาหาร ขณะที่การปลูกที่มีความหนาแน่นน้อยหรือการตัดแต่งทางใบของต้นปาล์มต้นใกล้เคียงทำให้กิจกรรมของแหล่งสร้างเพิ่มขึ้นทันที การเอาช่อดอกบางส่วนหรือทั้งหมดออกเปลี่ยนแปลงความต้องการของแหล่งรับ

5.1 **สัดส่วนเพศ**

ช่อดอกของปาล์มน้ำมันสามารถเป็นได้ทั้งช่อดอกตัวผู้ หรือช่อดอกตัวเมีย (บางครั้งเป็นช่อดอกกะเทย) สัดส่วนเพศ หมายถึงสัดส่วนของช่อดอกตัวเมียต่อช่อดอกทั้งหมด ความแปรปรวนของฤดูกาลเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อจำนวนทะลาย แต่การจำแนกความแตกต่างของเพศถูกทำให้สับสน โดยข้อเท็จจริงการฝ่อของช่อดอกจะไม่มีผลกับเพศ ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดในสัดส่วนเพศเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในอัตราการฝ่อร่วมกันกับการฝ่อของช่อดอกตัวเมีย Corley และ Gray (1976b) รายงานว่าสัดส่วนเพศลดลงกับอายุของปาล์ม จาก 90 % ในปาล์ม 4 ปี หลังปลูกเป็น 60 % ในปาล์มอายุ 15 ปี บนดินบริเวณชายฝั่งในประเทศมาเลเซีย สำหรับในดินในผืนแผ่นดิน สัดส่วนเพศประมาณ 70 % ที่ปาล์มอายุ 3 ปี และ 40 % ในปาล์มอายุ 15 ปี ในประเทศไนจีเรีย Sparnaaij (1960) บันทึก 47 % ในปาล์มอายุ 5 ปี แต่ 30 % หรือต่ำกว่าในปาล์มอายุ 10 ปีขึ้นไป จากข้อมูลดังกล่าวพบว่ามีความแตกต่างกันของสัดส่วนเพศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพแวดล้อม รวมทั้งความแปรปรวนทางพันธุกรรม (Sparnaaij, 1960)

5.2 **การฝ่อของช่อดอก**

การฝ่อของช่อดอกเป็นสาเหตุที่เป็นปัจจัยหลักที่สองที่เกี่ยวข้องกับจำนวนทะลาย การฝ่อของช่อดอกหยุดการเจริญเติบโตขณะที่ยังอยู่ในฐานของใบ ดังนั้นปรากฏซอกใบว่างเปล่า อย่างไรก็ตามในประเทศไนจีเรีย Sparnaaij (1960) รายงานว่าปาล์มอายุ 4 – 5 ปีฝ่อและลดต่ำลง 10 % ในปาล์มอายุ 11 – 12 ปี แต่ในปาล์มเล็กการฝ่อมีถึง 51 % ในดินบริเวณชายฝั่ง Gray (1969) รายงานว่าสัดส่วนการฝ่อมีค่าจาก 2 – 28 % ในประเทศมาเลเซีย และเฉลี่ยบริเวณใกล้เคียง 10 % สัดส่วนการฝ่อของช่อดอกผันกลับกับอายุปาล์มที่เพิ่มขึ้น

5.3 **การล้มเหลวของทะลาย**

Sparnaaij (1960) ใช้เทอมของการล้มเหลวของทะลายบรรยายทะลายที่พัฒนาล้มเหลวจากการบานของดอกไปสู่การเก็บเกี่ยว Sparnaaij รายงานว่ามีทะลายล้มเหลว 13 % ในปาล์มที่มี

อายุ 7 – 12 ปี ในประเทศไนจีเรีย แต่ Corley (1973) รายงานต่ำกว่า 2 % ในประเทศมาเลเซีย ปริมาณทะลายที่ล้มเหลวสูงในปาล์มที่มีอายุน้อย คือ 28 % ระหว่างอายุ 4 และ 6 ปี ในประเทศไนจีเรีย (Sparnaaij, 1960) และถึง 25 % ในปาล์มอายุ 3 ปีหลังปลูกในประเทศมาเลเซีย

มีความแตกต่างจากหลายๆ สาเหตุของการล้มเหลวของทะลาย การถ่ายละอองเกสรเป็นสาเหตุแรก แต่สาเหตุนี้เริ่มน้อยเมื่อมีการนำ weevils (ด้วงงวงชนิดหนึ่ง) เป็นตัวถ่ายละอองเกสรไปยังปาล์มน้ำมัน การเน่าของทะลายเป็นสาเหตุที่สองโดย *Marasmius palmivorus* ซึ่งทะลายจะเน่าในช่วงเวลา 2 – 4 เดือนหลังดอกบาน สำหรับสาเหตุที่เห็นชัดคือการล้มเหลวของทะลายเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ก่อนความต้องการสารอาหารสูงสุด และ Turner และ Bull (1967) เสนอแนะอาจมีสาเหตุโดยการออกทะลายมากเกินไป อย่างไรก็ตาม Corley (1973) แสดงการตัดแต่งทางใบของปาล์มอายุ 8 ปี อย่างรุนแรงเพียงพอที่เป็นสาเหตุของการฝ่อของทะลาย 80 % ของช่อดอกแต่มีน้อยมากที่มีผลต่อการล้มเหลวของทะลาย

5.4 น้ำหนักทะลาย

น้ำหนักของทะลายขึ้นอยู่กับจำนวนช่อดอกย่อย จำนวนดอกต่อช่อดอกย่อย % ของผลดี ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผล และน้ำหนักของก้านทะลาย (Broekman, 1957) น้ำหนักทะลายเพิ่มขึ้นต่อเนื่องกับอายุ (Corley and Gray, 1976b) Lim และ Chan (1998) รายงานว่าน้ำหนักทะลายยังคงเพิ่มขึ้น 26 ปีหลังปลูกและต่ำมากในปาล์มที่ปลูกความหนาแน่นสูง

6 การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

Yusof และคณะ (2000) กล่าวว่าการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันของ Institut de Recherches pour Les Huiles et Oleagineux (IRHO) และการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันในประเทศมาเลเซียได้นำรูปแบบการปรับปรุงพันธุ์ที่แตกต่างจากสมัยก่อนเพื่อสร้างลูกผสม DxP และได้มีการปรับปรุงประชากรพื้นฐานของพันธุ์ดูรา และพันธุ์เทเนอราโดยมีรูปแบบของการคัดเลือกพันธุ์เป็นแบบ Modified recurrent selection (MRS) ในการคัดเลือกพันธุ์แบบนี้มีการคัดชนิดดูราอย่างสุ่มเพื่อนำไปผสมกัน โดยใช้แผนการผสมแบบ North Carolina Mating designs I (NCM I) โดยผสมปาล์มน้ำมันชนิดพิสิเฟอรา กับปาล์มน้ำมันชนิดดูรา ปกติแล้วปาล์มน้ำมันชนิดพิสิเฟอรา เกสรดอกตัวเมียมักเป็นหมัน ดังนั้นการสกัดสายพันธุ์ชนิดพิสิเฟอรา อาจทำได้จากการผสมตัวเองของปาล์มน้ำมันชนิดเทเนอราหรือผสมข้ามระหว่างเทเนอรา กับ พิสิเฟอรา ซึ่งการคัดเลือกต้นพ่อชนิดพิสิเฟอรา สามารถพิจารณาจากการทดสอบลูกที่ได้จากการผสมระหว่างแม่

ดูรา กับพ่อ พิสิเฟอรา นอกจากนั้นยังพิจารณาปาล์มน้ำมันชนิดพิสิเฟอรา ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไป General Combining Ability (GCA) ที่มีค่าสูง ส่วนต้นแม่ดูรา คัดเลือกจากลักษณะทางการเกษตรที่ดี เช่น ต้นที่ให้ผลผลิตทะลายสูง (ธีระ, 2548) ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มมักเน้นการเพิ่มผลผลิตน้ำมันให้สูงขึ้น แต่ลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ และมีอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง

Rajanaidu และคณะ (2000) รายงานว่าลักษณะทางอ้อมที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตน้ำมันมีอยู่สองลักษณะ คือผลผลิตทะลายสด และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย (Kushairi and Rajanaidu, 2000) หากต้องการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูงขึ้นต้องคัดเลือกจากลักษณะผลผลิตทะลายสด และลักษณะน้ำมันต่อทะลาย (ธีระ และคณะ, 2544) ดังนั้นการคัดเลือกต้นปาล์มจำเป็นต้องพิจารณาจากลักษณะผลผลิตทะลายปาล์ม และลักษณะองค์ประกอบผลผลิตประกอบกัน ดังนั้นค่าความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ จึงมีความจำเป็นต่อการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ นอกจากนี้ประสิทธิภาพการคัดเลือกยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ อีกด้วย ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมสูงสามารถปรับปรุงพันธุ์ได้เร็วกว่าลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ ลักษณะผลผลิตที่ควรพิจารณาเบื้องต้นของปาล์มน้ำมันชนิดดูรา และ เทเนอรา คือ ลักษณะน้ำหนัก/ทะลาย ส่วนปาล์มน้ำมันชนิดพิสิเฟอราคือลักษณะจำนวนทะลาย

7 สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของปาล์มน้ำมัน

ลักษณะทางพันธุกรรมหลายลักษณะมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งการที่สองลักษณะมีความสัมพันธ์กัน (หรือเปลี่ยนแปลงไปด้วยกันในตอนคัดเลือก) นั้นมักเกิดจากสองสาเหตุใหญ่ๆ สองประการคือ ประการแรกการที่ยีนคู่เดียวหรือหลายคู่สามารถควบคุมสองลักษณะ (pleiotropy) และประการที่สองยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage) ดังนั้นถ้าลักษณะทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันในทางบวก แสดงว่าถ้าหากคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะหนึ่งอีกลักษณะหนึ่งเพิ่มตามไปด้วย หรือถ้าลักษณะทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันในทางลบแล้วการเพิ่มลักษณะหนึ่งจะไปลดอีกลักษณะหนึ่ง อย่างไรก็ตามอิทธิพลของ linkage ในการก่อให้เกิดสหสัมพันธ์เฉพาะชั่วรุ่นแรกๆ แต่อิทธิพลจาก pleiotropy เกิดตลอดไปทุกชั่วรุ่น

Obisesan และ Fatunla (1982) ได้ศึกษาสหสัมพันธ์ของผลผลิตทะลายสด และองค์ประกอบผลผลิต พบว่าค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (r_p) และจีโนไทป์ (r_g) ระหว่างจำนวนทะลายกับผลผลิตทะลายสดคือ 0.80 และ 0.61 และจำนวนทะลายกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักทะลายคือ

0.66 และ 0.60 ตามลำดับ และได้ชี้แนะว่าการเพิ่มขึ้นของผลผลิตทะลายสดสามารถได้มาโดยการสร้างลูกผสมระหว่างพ่อแม่ที่มีจำนวนทะลายสูง และค่าเฉลี่ยน้ำหนักทะลายมาก และต้องถูกสนับสนุนโดยค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ด้วย Oboh และ Fakorede (1990) ได้ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตและปริมาณทะลาย พบว่าจำนวนการผลิตทางใบต่อต้นกับจำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์กันอย่างสูง (0.729) และผลผลิตทะลายสดกับจำนวนทางใบมีสหสัมพันธ์กันอย่างสูงเช่นกัน (0.660) และจากการวิเคราะห์เส้นทางแสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์เนื้อผลต่อทะลายให้อิทธิพลทางตรงสูงสุด (P = -0.974) จึงสามารถสรุปถึงความหลากหลายในลักษณะจำนวนทางใบต่อต้น สัดส่วนเพศ เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย เปอร์เซ็นต์เนื้อผลต่อผล และจะมีอิทธิพลทางอ้อมสำหรับจำนวนทะลาย ผลผลิตทะลายสด ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทะลาย ในการทำนายสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าสังเกตการแสดงออกของลักษณะต่างๆ ของปาล์มน้ำมันลูกผสมในอินโดนีเซีย พบว่าผลผลิตน้ำมันมีค่า 0.55 ถึง 0.64 จำนวนทะลาย 0.49 ถึง 0.71 และลักษณะความสูงของต้นที่เพิ่มขึ้น 0.42 ถึง 0.56 (Purba *et al*, 2001) นอกจากนี้ ธีระ และคณะ (2544) รายงานว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตทะลายสดกับจำนวนทะลายต่อปีของปาล์มน้ำมันแบบดูรา เทเนอรา และพิสิเฟอรา มีค่า 0.47, 0.77 และ 0.65 ตามลำดับ และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตทะลายสดกับน้ำหนักต่อทะลายของปาล์มน้ำมันแบบดูรา เทเนอรา และ พิสิเฟอรามีค่า 0.69 , 0.05 และ 0.20 ตามลำดับ สำหรับสหสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำมัน Henson และ Dolmat (2004) รายงานว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันเมล็ดในต่อทะลายมีความสัมพันธ์ในทางลบกับเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มแห้งต่อผลมีค่า -0.79 ดังนั้นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มต่อผลทำให้ขนาดเมล็ดในลดลงเป็นผลให้ปริมาณน้ำมันเมล็ดในลดลงด้วย (Alvarado *et al*., 2000) Okwuagwu และ Okolo (1994) รายงานว่าลักษณะเมล็ดในต่อผลในพ่อแม่เทเนอราและสัดส่วนของเทเนอราต่อดูราของเมล็ดในต่อผลในลูกที่ผ่านการผสมตัวเองมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ (r = 0.52**) และได้เปรียบเทียบระหว่างต้นแม่ เทเนอราในลักษณะสัดส่วนของเทเนอราต่อดูราของเมล็ดในต่อผลในลูก เทเนอรา x เทเนอรา มีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ (r = 0.44**) แต่ในต้นพ่อเทเนอราไม่มีนัยสำคัญ (r = 0.18ns)

8 อัตราพันธุกรรมในปาล์มน้ำมัน

อัตราพันธุกรรมหมายถึงอัตราส่วนของความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้น ดังนั้นอัตราพันธุกรรมจึงเป็นตัวกำหนดความสำเร็จในการปรับปรุงลักษณะนั้นๆ ว่ามีโอกาสเพิ่มหรือลดลักษณะนั้นได้มากน้อยเพียงไร เนื่องจากความ

แปรปรวนจากพันธุกรรมขึ้นอยู่กับความถี่และปฏิกิริยาของยีน อัตราพันธุกรรมจึงเป็นลักษณะเฉพาะตัวของประชากรที่กำลังปรับปรุงอยู่ด้วย อัตราพันธุกรรมมีอยู่ 2 แบบ แบบแรกคืออัตราพันธุกรรมอย่างกว้างเป็นอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนทางพันธุกรรมทั้งหมดต่อความแปรปรวนที่สังเกตได้ทั้งหมด ซึ่งถ้ามีความผันแปรอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมด้วยแล้วค่านี้รวมอยู่ในความแปรปรวนทางพันธุกรรมด้วย ทำให้อัตราพันธุกรรมเป็นค่าเฉพาะในแต่ละสภาพแวดล้อมด้วย ส่วนอัตราพันธุกรรมอีกแบบคืออัตราพันธุกรรมอย่างแคบ เป็นอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนแบบบวกทั้งหมดต่อความแปรปรวนที่สังเกตได้ทั้งหมด ค่าประเมินของอัตราพันธุกรรมสูงขึ้นเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยหลายๆ สภาพแวดล้อม ดังนั้นการเปรียบเทียบค่าอัตราพันธุกรรมในลักษณะเดียวกันควรทำด้วยความระมัดระวังเพราะขึ้นอยู่ทั้งวิธีการประเมิน หน่วยที่ใช้ ประชากร สภาพแวดล้อม ขนาดของแปลงย่อย อัตราปลูก เป็นต้น และเนื่องจากลักษณะส่วนใหญ่ต้องพิจารณาจากค่าเฉลี่ยจากแปลงย่อย (ผลผลิต อายุการเก็บเกี่ยว การหักล้ม เป็นต้น) จึงนิยมประเมินอัตราพันธุกรรมโดยใช้หน่วยของแปลงย่อยเป็นส่วนใหญ่

ประโยชน์ของอัตราพันธุกรรม ประการแรกคือเป็นตัวบอกปริมาณความแปรปรวนทางพันธุกรรมเมื่อเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้น ประการที่สองใช้ทำนายความก้าวหน้าในการคัดเลือกว่าจะปรับปรุงไปได้แค่ไหนในเวลาและวิธีการคัดเลือกที่กำหนด ประการสุดท้ายใช้เป็นหลักในการเลือกใช้วิธีการคัดเลือกที่เหมาะสม

Breure และ Bos (1992) คำนวณอัตราพันธุกรรมจากกำลังสองของสหสัมพันธ์ของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และ phenotypic value ของต้นแม่ พบว่ามีค่าต่ำในลักษณะผลผลิตทะลาย ผลผลิตน้ำมันและเมล็ดใน และดัชนีการเก็บเกี่ยว แต่มีอัตราพันธุกรรมปานกลางสำหรับลักษณะพื้นที่ใบ ความจุของแมกนีเซียมในใบ และการผลิตน้ำหนักแห้งของการเจริญเติบโตทางลำต้น ขนาดความแปรปรวนของอัตราพันธุกรรมในปัจจัยการเจริญเติบโตสามารถประมาณจากความสัมพันธ์ของพ่อแม่ – ลูก ผลคือ อัตราพันธุกรรมมีค่าสูงสำหรับลักษณะผลผลิตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตทางลำต้นมีค่าต่ำ จากนั้นได้ชี้แนะว่า การคัดเลือกในลักษณะดัชนีทะลาย (สัดส่วนน้ำหนักแห้งที่ถูกใช้สำหรับการผลิตทะลาย) จะมีผลมากในการคัดเลือกปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตดีในที่ที่ปลูกหนาแน่นสูง การคัดเลือกในลักษณะพื้นที่ใบสูง หรือแกนทางใบสั้นจะไม่มีผล (Breure and Corley, 1983) Musa และคณะ (2004) ประเมินอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสำหรับผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ทะลาย และองค์ประกอบของผล ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น ใน Deli x AVROS D x P 2 ประชากร ผลคืออัตราพันธุกรรมโดยทั่วไปมีระยะจากปานกลางถึงสูง ลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมสูงสุดคือ น้ำหนักผล (0.86 ใน

ประชากรที่ 1) เส้นรอบวงลำต้น (0.86 ในประชากรที่ 2) และความยาวแกนทางใบ (0.86 ในประชากรที่ 2) และชี้แนะว่าลักษณะเหล่านี้มีอิทธิพลของปัจจัยทางพันธุกรรมสูง และสภาพแวดล้อมมีผลต่อลักษณะเหล่านี้น้อย Obisesan และ Fatunla (1982) ศึกษาอัตราพันธุกรรมของผลผลิตทะลายสด และองค์ประกอบของผลผลิต พบว่าในปาล์มเดี่ยวอัตราพันธุกรรมคือ 38.9, 31.5 และ 42.3 ในลักษณะจำนวนทะลาย ผลผลิตทะลายสด และค่าเฉลี่ยน้ำหนักทะลาย และในปาล์มลูกผสมคือ 88.9, 90.5 และ 96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Cochard และคณะ (2000) ประเมินค่าทางการเกษตรในปาล์มโคลน ผลปรากฏว่าอัตราพันธุกรรมมีค่าสูงสำหรับผลผลิตทะลายสด (มากกว่า 0.6) และค่าเฉลี่ยน้ำหนักทะลาย (ใกล้เคียง 0.5) และมีอัตราพันธุกรรมต่ำในลักษณะเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายและเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อผล Hardon (1976) รายงานว่า ลักษณะน้ำหนักต่อทะลาย และจำนวนทะลายมีอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำ สาเหตุมาจากความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราส่วนเพศดอกดังนั้นแล้วผลผลิตทะลายสด (Fresh Fruit Bunch, FFB) เป็นลักษณะที่มีความสำคัญต่อเกษตรกร Corley และ Tinker (2003) รายงานว่า ผลผลิตทะลายสดได้จากน้ำหนักเฉลี่ยต่อทะลาย และจำนวนทะลายที่ผลิตได้ในรอบปี ลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่มียีนควบคุมหลายคู่ (ธีระ และคณะ, 2548) มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ Kushairi และ Rajanaidu (2000) แนะนำว่า หากต้องการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตน้ำมันสูงขึ้นต้องพิจารณาจากลักษณะผลผลิตทะลายสด และลักษณะน้ำมันต่อทะลาย เนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลผลิตน้ำมัน Kushairi และคณะ (1993) กล่าวว่า ผลผลิตทะลายสดมีสหสัมพันธ์กับจำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย

9 **ความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม**

ประชากรที่มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมนั้นความแปรปรวนที่พบเกิดจากสภาพแวดล้อมทั้งสิ้น แต่ลูกผสมที่ได้มีความแปรปรวนทั้งทางด้านพันธุกรรมและเนื่องจากสภาพแวดล้อม ความแปรปรวนที่พบใน พ่อ แม่ และลูกชั่วที่ 1 เป็นผลจากสภาพแวดล้อมทั้งสิ้น แต่ความแปรปรวนในลูกชั่วที่ 2 และลูกผสมกลับไปยังพ่อ หรือแม่เป็นผลจากทั้งทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม

Rajanaidu และคณะ (1992) ศึกษาศักยภาพของผลผลิต และอิทธิพลระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมในลักษณะผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย และน้ำหนักเฉลี่ยทะลาย จากนั้นได้ประเมินอัตราพันธุกรรมของลักษณะดังกล่าวปรากฏว่ามีอัตราพันธุกรรมต่ำ (0.02, 0.08, 0.04) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าลักษณะเหล่านี้อ่อนไหวกับสภาพแวดล้อมสูง Thomas และคณะ

(1969) ศึกษาปัจจัยพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมจากการวิเคราะห์ข้อมูลปีต่อปี พบว่ามีการลดลงของสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมไปยัง ความแปรปรวนของค่าสังเกต จากอายุปาล์มที่เพิ่มขึ้น Okwuagwu และ Tai (1995) ประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนเนื่องจากลูกผสมกับปฏิกิริยาระหว่าง ลูกผสมกับปี พบว่าอัตราพันธุกรรมมีค่าสูงเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลผลิตทะลายสดและจำนวนทะลายในค่าเฉลี่ยของข้อมูลในปีที่ 1, 3 และ 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของลักษณะทางการเกษตร ลักษณะน้ำหนักแห้ง และผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

2) เพื่อศึกษาอัตราพันธุกรรมของบางลักษณะทางการเกษตร ลักษณะน้ำหนักแห้ง และผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองโดยใช้เชื้อพันธุกรรมปาล์มน้ำมันที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และปลูกที่ศูนย์ส่งเสริม และพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช (พันธุ์พืชเพาะเลี้ยง) กรมส่งเสริมการเกษตร อำเภอ นาบอน จังหวัด นครศรีธรรมราช ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย เริ่มตั้งแต่เดือนกันยายน 2549 – พฤษภาคม 2551

วัสดุ / อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุพืช

1) พันธุ์ปาล์มน้ำมันปรับปรุงจำนวน 4 ประชากร ซึ่งมีอายุ 3 ปี

วัสดุ

1) เวอร์เนีย
2) ไม้บรรทัด
3) ตลับเมตร
4) ขวาน

อุปกรณ์

1) เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 60 กิโลกรัม
2) เสียมตัดทะลาย

วิธีการศึกษา

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) ใช้ต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์จำนวน 4 ประชากร แต่ละประชากรเก็บข้อมูล 15 ต้นจากทั้งหมด 50 ต้น เก็บข้อมูลของลักษณะทางการเกษตรและผลผลิต 3 เดือนต่อครั้ง เป็นจำนวน 4 ครั้ง แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อตรวจสอบความแตกต่างระหว่างประชากรโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Least Significant Difference (LSD)

2.การบันทึกข้อมูล

2.1 การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

2.1.1) ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นบันทึกจากทางใบที่ 17 ดังนี้

- ความกว้างใบย่อย วัดจากการสุ่มใบย่อยจำนวน 5 ใบที่อยู่ตรงบริเวณที่สันของทางใบเริ่มเปลี่ยนจากสันใบเรียบเป็นสันใบเหลี่ยมจากนั้นนำค่าที่ได้จากการวัดมาหาค่าเฉลี่ย ความยาวใบย่อย วัดจากการแบ่งพื้นที่ของทางใบเป็น 5 ส่วนหลังจากนั้นวัดความยาวของใบย่อยในแต่ละส่วนโดยในแต่ละส่วนทำการวัดเพียง 1 ใบ นำค่าที่ได้จากการวัดมาหาค่าเฉลี่ย

- ความกว้าง และความหนาของทางใบ ตำแหน่งที่วัดจะอยู่ที่จุดกำเนิดของใบย่อยล่างสุด

- ความยาวทางใบ ตำแหน่งที่วัดจะอยู่ที่จุดกำเนิดของใบย่อยล่างสุดไปจนถึงปลายทางใบ

- จำนวนใบย่อย

- ความสูงที่เพิ่มขึ้น เป็นการวัดความสูงที่เพิ่มขึ้นในรอบปีโดยทำเครื่องหมายทางใบที่ 17 ในครั้งแรกที่ทำการศึกษา เมื่อถึงระยะเวลา 1ปี ทำการวัดความสูงจากโคนต้นจนถึงโคนทางใบที่ 17 ที่ได้ทำเครื่องหมายในครั้งแรก และในทำการวัดในลักษณะเดียวกันจากโคนต้นไปจนถึงโคนทางไปที่ 17 ของในปีถัดไป

2.1.2) ความสูงของต้น วัดจากโคนต้นไปจนถึงโคนของใบย่อยของทางใบที่ 1

2.1.3) ขนาดลำต้น(เส้นผ่านศูนย์กลาง) วัดจากบริเวณกึ่งกลางลำต้น

จากลักษณะดังกล่าวข้างต้นที่ทำการบันทึกข้อมูลสามารถนำมาหาค่าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตทางต้นและผลผลิตได้ดังนี้

2.2 พื้นที่ใบ (LA, ตารางเซนติเมตร) สามารถหาได้จากสมการของ Henson (1993)

$$LA = -0.25 + 0.455nlw$$

เมื่อ n =จำนวนใบย่อย

lw = ค่าเฉลี่ยของความยาวใบย่อย x ค่าเฉลี่ยความกว้างใบย่อย

2.3 น้ำหนักแห้งใบ (LDW, กิโลกรัม/ต้น/ปี)

$$LDW = 0.102P + 0.21$$

เมื่อ P = petiole width x depth

2.4 จำนวนทางใบที่เพิ่มขึ้น (FI)

2.5 น้ำหนักแห้งลำต้นที่เพิ่มขึ้น (TDW)

$T = (\pi r^2 h)\ S$

เมื่อ S = ความหนาแน่นของน้ำหนักแห้งลำต้น

R = รัศมีลำต้น (เซนติเมตร)

HI = ความสูงที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)

และ ความหนาแน่นลำต้น

$S = 0.0076t + 0.083$

เมื่อ t = อายุของปาล์มในแปลงปลูก

2.6 การผลิตน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้น (VDM, กิโลกรัม/ต้น/ปี)

VDM = leaf dry weight (W) + trunk dry weight increase (T)

ดังนั้น $VDM = (0.102P + 0.21) + \{(\pi r^2 h) \times 0.0076t + 0.083\}$

2.7 การผลิตน้ำหนักแห้งรวม (TDM, กิโลกรัม/ต้น/ปี)

TDM = VDM + (yield x 0.52)

2.8 ความสูง (H, เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นถึงตำแหน่งรอยต่อระหว่างก้านและแกนทางใบของทางใบที่ 1

2.9 ความสูงที่เพิ่มขึ้น (HI, เซนติเมตร) วัดจากโคนทางใบที่ 17 ที่ตัดครั้งแรก กับ โคนทางใบที่ 17ที่ตัดครั้งสุดท้าย

2.10 ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

ทำการเก็บทะลายปาล์มน้ำมันที่มีการสุกแก่เต็มที่ในต้นที่สุ่มเลือกไว้ของแต่ละต้น ชั่งน้ำหนักทะลายสด เก็บข้อมูลผลผลิต ได้แก่ ผลผลิตทะลายสด (fresh fruit bunch, FFB) จำนวนทะลาย (bunch number, BN) และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (average bunch weight, ABW) เป็นระยะเวลา 1 ปี (กันยายน 2549 – พฤษภาคม 2551) จากลักษณะดังกล่าวสามารถคำนวณดัชนีทะลาย (bunch index, BI) ได้จาก

BI = (yield x 0.52) / TDM

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าคาดหมายความแปรปรวนแสดงในตารางที่ 1

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) ของ CRD (วัชรินทร์, 2545) มีดังนี้

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

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตแต่ละค่าที่ได้จากทรีตเมนต์ i thซ้ำ j th

i = 1,.....,t (t = จำนวนทรีตเมนต์)

j = 1,.....,r (r = จำนวนซ้ำ , ในการทดลองนี้แต่ละต้นแทน 1 ซ้ำ)

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

T_i = อิทธิพลของทรีตเมนต์ i th

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกต Y_{ij}

ตารางที่ 1 แสดงค่าคาดหมายความแปรปรวนของ CRD สำหรับแบบจำลองปัจจัยสุ่ม

Source	d.f	MS	EMS
Treatment	t - 1	M_{11}	$\sigma^2_e + r\sigma^2_T$
Error	t(r – 1)	M_{12}	σ^2_e
Total	tr - 1		

โดยที่ df = degree of freedoms

MS = mean squares

EMS = expected mean squares

3.2) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

3.2.1) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ

การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและ ผลผลิตในปาล์มน้ำมันโดยหาค่าดัชนีสหสัมพันธ์เพื่อวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ (Steel and Torrie, 1980) ดังสูตร

$$r_{xy} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \quad \sum(y-\bar{y})^2}}$$

เมื่อ

r คือ ดัชนีสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ x และ y

$\overline{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของลักษณะ x

$\overline{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของลักษณะ y

ค่า x และ ค่า y ที่ใช้ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ คือ ค่าสังเกตของลักษณะ x และ y

3.2.2) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

การหาสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (phenotypic correlation, r_p) และจีโนไทป์ (genotypic correlation, r_g) ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิต โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และ วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตามวิธีการที่รายงานโดย Roy (2000) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าคาดหมายความแปรปรวนของลักษณะแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าคาดหมายความแปรปรวนของลักษณะ x หรือ y

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

โดยที่

df		คือ	degree of freedoms
SS		คือ	sum of squares
MS		คือ	mean squares
EMS		คือ	expected mean squares
σ^2_{bx} หรือ σ^2_{by}	=		$(MS_1-MS_2)/r$
σ^2_{wx} หรือ σ^2_{wy}	=		MS_2
σ^2_{by} และ σ^2_{wy}	คือ		ความแปรปรวนของจีโนไทป์ และสภาพแวดล้อมของลักษณะ y ตามลำดับ
σ^2_{bx} และ σ^2_{wx}	คือ		ความแปรปรวนของจีโนไทป์ และสภาพแวดล้อมของลักษณะ x ตามลำดับ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมและค่าคาดหมายความแปรปรวนร่วมระหว่างลักษณะแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าคาดหมายของความแปรปรวนร่วมระหว่างลักษณะ x และ y

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

โดยที่

df	คือ	degree of freedoms
SCP	คือ	sum of cross products
MCP	คือ	mean cross products
EMCP	คือ	expected mean cross products
σ_{bxy}	=	$(MCP_1\text{-}MCP_2)/r$
σ_{bxy} และ σ_{wxy}	คือ	ความแปรปรวนร่วมของจีโนไทป์ และสภาพแวดล้อมระหว่างลักษณะ x และ y ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมดังที่ได้แสดงตามตารางที่ 2 และ3 ดังนั้นสามารถที่จะวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมได้ดังนี้

$$r_p = \frac{\sigma_{pxy}}{\sqrt{\sigma^2_{px}\ \sigma^2_{py}}}$$

$$r_g = \frac{\sigma_{bxy}}{\sqrt{\sigma^2_{bx}\ \sigma^2_{by}}}$$

$$r_e = \frac{\sigma_{wxy}}{\sqrt{\sigma^2_{wx} \quad \sigma^2_{wy}}}$$

โดยที่

σ_{pxy}, σ_{bxy} และ σ_{wxy} คือ ความแปรปรวนร่วมของฟีโนไทป์, จีโนไทป์ และสภาพแวดล้อมระหว่างลักษณะ x และ y ตามลำดับ

σ^2_{py}, σ^2_{by} และ σ^2_{wy} คือ ความแปรปรวนของฟีโนไทป์, จีโนไทป์ และสภาพแวดล้อมของลักษณะ y ตามลำดับ

σ^2_{px}, σ^2_{bx} และ σ^2_{wx} คือ ความแปรปรวนของฟีโนไทป์, จีโนไทป์ และสภาพแวดล้อมของลักษณะ x ตามลำดับ

3.3) **การวิเคราะห์เส้นทาง**

การวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะทางลำต้นและองค์ประกอบผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน

การศึกษาสหสัมพันธ์และรีเกรสชั่นเป็นการศึกษาลักษณะแต่ละคู่ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรเท่านั้น ซึ่งเป็นการบอกถึงอิทธิพลโดยรวม แต่ความเป็นจริงอาจมีลักษณะอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง การวิเคราะห์เส้นทางเป็นวิธีการวิเคราะห์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ทำให้ทราบอิทธิพลของตัวแปรอิสระ ว่ามีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากน้อยอย่างไร โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์รีเกรสชั่นเส้นตรงที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นของตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวแปรตามเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นบางส่วน (partial regression coefficient) ซึ่งในการวิเคราะห์เส้นทาง ค่าดังกล่าวแสดงในรูปที่เรียกว่า ค่ารีเกรสชั่นบางส่วนมาตรฐาน (standardized partial regression coefficient, b′) มีสูตรการคำนวณดังนี้ (สุรพล, 2526)

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

โดยที่ b′ คือค่ารีเกรสชั่นบางส่วนมาตรฐาน

b คือค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นบางส่วน

S_x คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ

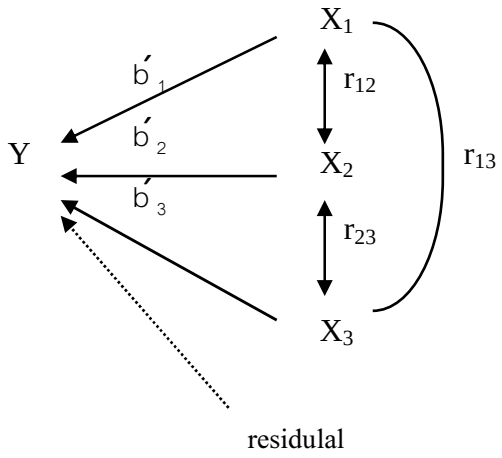
S_y คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม

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

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

N คือจำนวนข้อมูล

ค่า b′ ของตัวแปรอิสระต่างๆ แต่ละตัวกับตัวแปรตามคือ แพทโคเอฟฟิเชี่ยนท์ จากภาพด้านล่างเป็นภาพแบบความสัมพันธ์ สำหรับการวิเคราะห์เส้นทาง เมื่อมีตัวแปรอิสระ 3 ตัว คือ X_1, X_2 และ X_3 กับตัวแปรตาม Y



โดยที่ b'_1 , b'_2 และ b'_3 คือค่ารีเกรสชั่นบางส่วนมาตรฐาน ของ X_1, X_2 และ X_3 กับ Y ตามลำดับ

r_{12} , r_{13} และ r_{23} คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง X_1 กับ X_2 , X_1 กับ X_3 และ X_2 กับ X_3 ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ในรูปสมการปกติ

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

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

$r_{1y} = r_{31}\, b'_1 + r_{32}\, b'_2 + r_{33} b'_3$

เมื่อ r_{11} , r_{22} และ r_{33} คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวมันเอง ดังนั้นจึงมีค่าเท่ากับ 1 ในขณะที่ $r_{12} = r_{21}$, $r_{13} = r_{31}$และ $r_{23} = r_{32}$

Residual = $1 - R^2$

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

สมการปกติข้างต้น สามารถเขียนในรูปเมทริกซ์ ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ r_{3y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b'_1 \\ b'_2 \\ b'_3 \end{bmatrix}$$

การแก้สมการเพื่อหาค่า b'_i ใช้วิธีเมทริกซ์ ที่รายงานโดย Singh และ Chaudhary (1979)

$$r_{xy} = \begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ r_{3y} \end{bmatrix} \quad r_{xx} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad b' = \begin{bmatrix} b'_1 \\ b'_2 \\ b'_3 \end{bmatrix}$$

เพราะฉะนั้นจากสมการปกติจะได้

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

เมื่อคำนวณค่า b' ได้แล้ว ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่างๆ แต่ละตัวกับตัวแปรตามได้ดังนี้

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 = $r_{13} b'_3$

อิทธิพลรวมของ X_1 ต่อ Y = r_{1y}

ความสัมพันธ์ระหว่าง X_2 กับ Y และ X_3 กับ Y ทำในทำนองเดียวกับ X_1

การศึกษาสามารถที่จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ชุดการวิเคราะห์คือ ชุดแรกเป็นการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังจำนวนทะลาย ชุดที่สองเป็นการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังน้ำหนักทะลาย และชุดสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และจีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งไปยังผลผลิต

3.4) อัตราพันธุกรรม

อัตราพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ของปาล์มน้ำมันเป็นตัวชี้วัดโอกาสของความสำเร็จในการที่จะปรับปรุงลักษณะนั้นว่ามีโอกาสเพิ่มหรือลดลักษณะนั้นมากน้อยเพียงใดเนื่องจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมขึ้นอยู่กับความถี่ และปฏิกิริยาของยีน อัตราพันธุกรรมจึงเป็นลักษณะเฉพาะตัวของประชากรที่เรากำลังปรับปรุงอยู่ด้วย

อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (broad sense, h^2) เป็นอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนทางพันธุกรรมทั้งหมดต่อความแปรปรวนที่สังเกตได้ทั้งหมด (พีระศักดิ์, 2525) คำนวณได้จากสมการดังนี้คือ

$$h^2 = \sigma^2_G / \sigma^2_P$$

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

σ^2_G คือ ความแปรปรวนทางพันธุกรรม

σ^2_P คือ ความแปรปรวนทั้งหมด

σ^2_E คือ ความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อม

บทที่ 3

ผล และวิจารณ์

1 ลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน

1.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร (ตารางที่ 4) พบว่าลักษณะความสูงที่เพิ่มขึ้น (HI) และจำนวนทางใบที่เพิ่มขึ้น (FI) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับลักษณะความยาวใบย่อย (LL) ความกว้างใบย่อย (LW) ความกว้างทางใบ (PW) ความหนาทางใบ (PD) ความยาวทางใบ (RL) ความสูง (H) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (TD) จำนวนทะลาย (BN) และน้ำหนักทะลาย (BW) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของลักษณะที่กล่าวมาพบว่าประชากรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ยกเว้นลักษณะความกว้างใบย่อย (ประชากรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด) จำนวนทางใบที่เพิ่มขึ้น และน้ำหนักทะลาย (ประชากรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด)

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมัน 4 ประชากร

	population					mean comparison		
Character	1	2	3	4	F - test	LSD 0.05	LSD 0.01	C.V. (%)
L L	55.06	50.28	52.10	56.83	**	2.74	4.39	8.41
L W	3.33	3.51	3.87	3.81	**	0.17	0.27	7.68
L N	224.33	221.67	217.80	234.00	**	6.93	11.09	5.06
P W	3.99	3.72	4.06	4.20	**	0.23	0.37	9.40
P D	2.38	2.21	2.47	2.66	**	0.12	0.19	8.64
R L	270.40	256.87	277.67	321.60	**	14.88	23.81	8.64
H	140.13	149.17	150.40	176.57	**	8.23	13.18	8.74
HI	33.38	32.22	32.96	35.92	ns	3.33	5.33	16.19
FI	38.24	37.65	35.44	34.53	ns	3.58	5.73	16.09
T D	50.47	49.03	52.90	58.53	**	3.70	5.92	11.49
B N	7.53	11.93	14.67	20.93	**	4.52	7.23	53.65
B W	4.85	3.08	3.15	4.13	**	1.00	1.61	43.31

leaflet length (L L, cm), leaflet wide (L W, cm), leaflet number (L N), petiole wide (P W, cm), petiole deep (P D, cm), rachis length (R L, cm), trunk height (H, cm), trunk height increment (HI, cm), frond increment (FI), trunk diameter (T D, cm), bunch number (B N) and bunch weight (B W, kg), ** = significant different at P $\leq$ 1 %, ns = non significant

1.2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตร (ตารางที่ 5) พบว่า ลักษณะที่มีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกกับจำนวนทะลายได้แก่ ความกว้างใบย่อย จำนวนยาวใบย่อย ความกว้างทางใบ ความหนาทางใบ ความยาวทางใบ ความสูง ความสูงที่เพิ่มขึ้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (r_p = 0.40, 0.32, 0.44, 0.34, 0.43, 0.48, 0.48 และ 0.35 ตามลำดับ) ลักษณะที่มีนัยสำคัญทางสถิติทางบวกกับน้ำหนักทะลายได้แก่ ความยาวใบย่อย ความกว้างทางใบ ความยาวทางใบ ความสูงที่เพิ่มขึ้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (r_p = 0.26, 0.39, 0.26, 0.42 และ 0.29 ตามลำดับ) สำหรับจำนวนทะลายจะมีสหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติทางลบกับน้ำหนักทะลาย (r_p = 0.31) ผลที่ได้นี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Obisesan และ Fatunla (1982) ซึ่งรายงานว่ามีสหสัมพันธ์ในทางลบกัน (- 0.16) ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะน้ำหนักทะลายทั้งหมด จำนวนทะลาย กับผลผลิตน้ำมัน และลักษณะจำนวนทะลายกับน้ำหนักต่อทะลายมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกสูง (ธีระ และคณะ , 2544)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะต่างๆ (ตารางที่ 5) พบว่า ส่วนใหญ่มีสหสัมพันธ์ในทางบวกโดยเฉพาะลักษณะจำนวนทะลายกับลักษณะอื่นๆทุกลักษณะมีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์อยู่ระหว่าง 0.42 – 4.37 สำหรับลักษณะน้ำหนักทะลายพบว่ามีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ในทางบวกที่สูงกับ ลักษณะความยาวใบย่อย จำนวนใบย่อย ความสูงที่เพิ่มขึ้น และจำนวนทางใบที่เพิ่มขึ้น (r_g = 0.99, 0.65, 0.70 และ 1.72 ตามลำดับ) และลักษณะจำนวนทางใบที่เพิ่มขึ้นมีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ในทางลบสูงกับความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย ความหนาทางใบ ความสูง และความสูงที่เพิ่มขึ้น (r_g = -0.94, -2.45, -2.12, -5.21 และ -9.30 ตามลำดับ)

ตารางที่ 5 แสดงสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (r_p, เหนือแนวทะแยง) และสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ (r_g, ใต้แนวทะแยง) ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมัน

Character	L L	L W	L N	P W	P D	R L	H	HI	FI	T D	B N	B W
L L	-	0.15	0.34**	0.99**	0.51**	0.65**	0.44**	0.33**	0.04	0.32*	0.23	0.26*
L W	0.08	-	0.13	0.87**	0.61**	0.53**	0.41**	0.17	0.11	0.38**	0.40**	-0.07
L N	0.96	0.10	-	0.85**	0.62**	0.66**	0.44**	0.10	0.61**	0.34**	0.32*	0.20
P W	0.80	0.61	0.46	-	1.23**	1.30**	0.58**	0.48**	0.52**	0.92**	0.44**	0.39**
P D	0.96	0.71	0.77	0.87	-	0.84**	0.55**	0.36**	0.06	0.55**	0.34**	0.23
R L	0.86	0.62	0.87	0.78	1.03	-	0.01	0.36**	0.01	0.67**	0.43**	0.26*
H	0.56	0.71	0.87	0.56	0.85	0.01	-	0.54**	-0.05	0.73**	0.48**	0.13
HI	1.85	0.84	2.12	1.47	2.07	1.98	1.57	-	0.57**	0.60**	0.15	0.42**
FI	-0.94	-2.45	3.63	-0.50	-2.12	2.75	-5.21	-9.30	-	0.51**	0.48**	0.12
T D	0.86	0.78	0.86	0.84	1.10	1.06	0.95	1.69	2.78	-	0.35**	0.29*
B N	0.42	0.95	0.66	0.59	0.87	0.92	1.05	1.61	4.37	1.01	-	-0.31*
B W	0.99	-0.61	0.65	0.48	0.39	0.33	-0.07	0.7	1.72	0.17	-0.22	-

leaflet length (L L, cm), leaflet wide (L W, cm), leaflet number (L N), petiole wide (P W, cm), petiole deep (P D, cm), rachis length (R L, cm), trunk height (H, cm), trunk height increment (HI, cm), frond increment (FI), trunk diameter (T D, cm), bunch number (B N) and bunch weight (B W, kg)

* = significant different at P ≤ 5 %, ** = significant different at P ≤ 1 %

1.3 การวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะทางการเกษตรต่าง ๆของปาล์มน้ำมัน

1.3.1 การวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะทางการเกษตรไปยังจำนวนทะลาย

การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (ตารางที่ 6) พบว่าลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงในทางบวกที่สูงกับจำนวนทะลายคือ ลักษณะความกว้างใบย่อย และจำนวนใบย่อย (0.50 และ 0.48 ตามลำดับ) ลักษณะความหนาทางใบมีอิทธิพลทางตรงในทางลบกับจำนวนทะลาย (-0.51) ส่วนลักษณะอื่นๆ มีอิทธิพลทางตรงกับจำนวนทะลายต่ำมาก และมีอิทธิพลทางอ้อมเข้ามาเกี่ยวข้องกับจำนวนทะลายต่ำเช่นกัน

จากตารางที่ 5 ค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะความกว้าง และจำนวนใบย่อยมีค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนทะลาย (r_p = 0.40 และ 0.32) เมื่อพิจารณาอิทธิพลทางตรงของลักษณะดังกล่าวจากตารางที่ 6 พบว่าลักษณะดังกล่าวมีอิทธิพลทางตรงที่สูงกับจำนวนทะลายเช่นกัน ดังนั้นทั้งลักษณะความกว้างใบย่อยและจำนวนใบย่อยน่าจะใช้เป็นลักษณะสังเกตในการนำไปพิจารณาการคัดเลือกปาล์มน้ำมันให้มีจำนวนทะลายสูง

การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ (ตารางที่ 7) พบว่าลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีอิทธิพลทางตรงในทางบวกที่สูงกับจำนวนทะลาย (1.74) ส่วนลักษณะอื่นๆ มีอิทธิพลทางตรงกับจำนวนทะลายต่ำมาก แต่มีอิทธิพลทางอ้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูงผ่านลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.36 – 2.94

จากตารางที่ 5 ค่าสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนทะลายสูง (r_g = 0.35) เมื่อพิจารณาอิทธิพลทางตรงของลักษณะดังกล่าวจากตารางที่ 7 พบว่ามีอิทธิพลทางตรงต่อจำนวนทะลายสูง ดังนั้นลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นน่าจะใช้เป็นลักษณะสังเกตในการนำไปพิจารณาการคัดเลือกปาล์มน้ำมันให้มีจำนวนทะลายสูง

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังจำนวนทะลาย (ค่าจากแนวทะแยง หรือตัวหนา คืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทะแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)

	Indirect effect										Correlation
Character	L L	L W	L N	P W	P D	R L	H	HI	FI	T D	coefficient
L L	**0.12**	0.07	0.16	0.17	-0.26	-0.13	0	0.02	0	0.07	0.23
L W	0.02	**0.50**	0.06	0.15	-0.31	-0.10	0	0.01	-0.01	0.08	0.40
L N	0.04	0.07	**0.48**	0.15	-0.31	-0.13	0	0.01	-0.05	0.07	0.32
P W	0.12	0.44	0.41	**0.17**	-0.63	-0.26	0	0.04	-0.04	0.19	0.44
P D	0.06	0.30	0.3	0.22	**-0.51**	-0.17	0	0.03	-0.01	0.11	0.34
R L	0.08	0.26	0.32	0.23	-0.43	**-0.20**	0	0.03	0	0.14	0.43
H	0.05	0.21	0.21	0.10	-0.28	0	**-0.01**	0.04	0	0.15	0.48
HI	0.04	0.08	0.05	0.08	-0.18	-0.07	0	**0.07**	-0.04	0.12	0.15
FI	0	0.05	0.29	0.09	-0.03	0	0	0.04	**-0.08**	0.11	0.48
T D	0.04	0.19	0.17	0.16	-0.28	-0.13	-0.01	0.04	-0.04	**0.21**	0.35

leaflet length (L L, cm), leaflet wide (L W, cm), leaflet number (L N), petiole wide (P W, cm), petiole deep (P D, cm), rachis length (R L, cm), trunk height (H, cm), trunk height increment (HI, cm), frond increment (FI), trunk diameter (T D, cm)

ตารางที่ 7 แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังจำนวนทะลาย (ค่าจากแนวทะแยง หรือตัวหนา คืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทะแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)

	Indirect effect										Correlation
Character	L L	L W	L N	P W	P D	R L	H	HI	FI	T D	coefficient
L L	**0.20**	0.02	-0.26	-0.56	0.38	-0.27	0.05	-0.61	-0.03	1.49	0.42
L W	0.01	**0.24**	-0.03	-0.43	0.28	-0.19	0.07	-0.27	-0.08	1.36	0.95
L N	0.19	0.02	**-0.27**	-0.33	0.3	-0.28	0.08	-0.70	0.12	1.50	0.66
P W	0.16	0.15	-0.12	**-0.70**	0.34	-0.24	0.05	-0.48	-0.02	1.46	0.59
P D	0.19	0.17	-0.20	-0.61	**0.39**	-0.32	0.08	-0.68	-0.07	1.92	0.87
R L	0.17	0.15	-0.23	-0.55	0.41	**-0.31**	0.01	-0.65	0.09	1.84	0.92
H	0.11	0.17	-0.23	-0.39	0.34	0	**0.09**	-0.52	-0.18	1.66	1.05
HI	0.36	0.20	-0.56	-1.03	0.81	-0.61	0.15	**-0.33**	-0.32	2.94	1.61
FI	-0.18	-0.59	-0.96	0.35	-0.83	-0.85	-0.48	3.06	**0.03**	4.83	4.37
T D	0.17	0.19	-0.23	-0.59	0.43	-0.33	0.09	-0.55	0.09	**1.74**	1.01

leaflet length (L L, cm), leaflet wide (L W, cm), leaflet number (L N), petiole wide (P W, cm), petiole deep (P D, cm), rachis length (R L, cm), trunk height (H, cm), trunk height increment (HI, cm), frond increment (FI), trunk diameter (T D, cm)

1.3.2 การวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะทางการเกษตรไปยังน้ำหนักทะลาย

การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (ตารางที่ 8) พบว่าลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงในทางบวกที่สูงกับน้ำหนักทะลาย คือลักษณะความหนาทางใบ ความยาวทางใบ ความสูงที่เพิ่มขึ้น (0.17, 0.26 และ 0.34 ตามลำดับ) ลักษณะความกว้างใบย่อยมีค่าอิทธิพลทางตรงในทางลบกับน้ำหนักทะลายสูง (-0.30) ส่วนลักษณะอื่นมีอิทธิพลทางตรงต่อน้ำหนักทะลายต่ำมาก สำหรับค่าอิทธิพลทางอ้อมของลักษณะต่างๆ ไปยังน้ำหนักทะลายมีค่าต่ำมากเช่นกัน

จากตารางที่ 5 ค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะความหนาทางใบ และความสูงที่เพิ่มขึ้น มีค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหนักทะลาย (r_p = 0.26 และ 0.42) เมื่อพิจารณาอิทธิพลทางตรงของลักษณะดังกล่าวจากตารางที่ 8 พบว่าลักษณะดังกล่าวมีอิทธิพลทางตรงที่สูงกับน้ำหนักทะลายเช่นกัน ดังนั้นลักษณะความหนาทางใบ และความสูงที่เพิ่มขึ้นน่าจะใช้เป็นลักษณะสังเกตในการนำไปพิจารณาการคัดเลือกปาล์มน้ำมันให้มีน้ำหนักทะลายสูง

การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ (ตารางที่ 9) พบว่าลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงในทางบวกที่สูงกับน้ำหนักทะลาย คือจำนวนใบย่อย ความกว้างทางใบ และความยาวทางใบ (1.65, 2.05 และ 0.58 ตามลำดับ) ส่วนลักษณะความหนาทางใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีอิทธิพลทางตรงในทางลบกับน้ำหนักทะลายสูง (-1.63 และ -1.78) และลักษณะต่างๆ มีอิทธิพลทางอ้อมในทางลบกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นไปยังน้ำหนักทะลาย

จากตารางที่ 5 ค่าสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะความกว้างทางใบมีค่าความสัมพันธ์กับน้ำหนักทะลายสูง (r_g = 0.39) เมื่อพิจารณาอิทธิพลทางตรงของลักษณะดังกล่าวจากตารางที่ 9 พบว่ามีอิทธิพลทางตรงต่อน้ำหนักทะลายสูง ดังนั้นลักษณะความกว้างทางใบน่าจะใช้เป็นลักษณะสังเกตในการนำไปพิจารณาการคัดเลือกปาล์มน้ำมันให้มีน้ำหนักทะลายสูง

ตารางที่ 8 แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังน้ำหนักทะลาย (ค่าจากแนวทะแยง หรือตัวหนา คืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทะแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)

	Indirect effect										Correlation
Character	L L	L W	L N	P W	P D	R L	H	HI	FI	T D	coefficient
L L	**0.02**	-0.04	0	-0.10	0.09	0.17	0.01	0.11	0	0	0.26
L W	0	**-0.30**	0	-0.08	0.10	0.14	0.01	0.06	0	0	-0.07
L N	0.01	-0.04	**0**	-0.08	0.11	0.17	0.01	0.03	0	0	0.20
P W	0.02	-0.26	0	**-0.10**	0.21	0.34	0.01	0.17	0	-0.01	0.39
P D	0.01	-0.18	0	-0.12	**0.17**	0.22	0.01	0.12	0	0	0.23
R L	0.01	-0.15	0	-0.13	0.14	**0.26**	0	0.12	0	-0.01	0.26
H	0.01	-0.12	0	-0.06	0.10	0	**0.02**	0.19	0	-0.01	0.13
HI	0.01	-0.05	0	-0.05	0.06	0.09	0.01	**0.34**	0	0	0.42
FI	0	-0.03	0	-0.05	0.01	0	0	0.19	**0**	0	0.12
T D	0.01	-0.11	0	-0.09	0.10	0.17	0.01	0.20	0	**-0.01**	0.29

leaflet length (L L, cm), leaflet wide (L W, cm), leaflet number (L N), petiole wide (P W, cm), petiole deep (P D, cm), rachis length (R L, cm), trunk height (H, cm), trunk height increment (HI, cm), frond increment (FI), trunk diameter (T D, cm)

ตารางที่ 9 แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังน้ำหนักทะลาย (ค่าจากแนวทะแยง หรือตัวหนา คืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทแยง คืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)

	Indirect effect										Correlation
Character	L L	L W	L N	P W	P D	R L	H	HI	FI	T D	coefficient
L L	**-0.61**	-0.02	1.59	1.63	-1.57	0.50	-0.05	1.00	0.04	-1.52	0.99
L W	-0.05	**-0.28**	0.16	1.25	-1.15	0.36	-0.06	0.45	0.09	-1.39	-0.61
L N	-0.59	-0.03	**1.65**	0.95	-1.25	0.51	-0.07	1.15	-0.14	-1.53	0.65
P W	-0.49	-0.17	0.77	**2.05**	-1.41	0.45	-0.05	0.80	0.02	-1.49	0.48
P D	-0.59	-0.20	1.27	1.77	**-1.63**	0.60	-0.07	1.12	0.08	-1.96	0.39
R L	-0.52	-0.17	1.45	1.60	-1.68	**0.58**	0	1.07	-0.10	-1.88	0.33
H	-0.34	-0.20	1.43	1.15	-1.39	0.01	**-0.09**	0.85	0.20	-1.69	-0.07
HI	-1.13	-0.24	3.52	3.01	-3.37	1.14	-0.14	**0.54**	0.35	-3.00	0.70
FI	0.57	0.69	6.00	-1.02	3.44	1.59	0.45	-5.03	**-0.04**	-4.93	1.72
T D	-0.52	-0.22	1.43	1.72	-1.79	0.61	-0.08	0.91	-0.10	**-1.78**	0.17

leaflet length (L L, cm), leaflet wide (L W, cm), leaflet number (L N), petiole wide (P W, cm), petiole deep (P D, cm), rachis length (R L, cm), trunk height (H, cm), trunk height increment (HI, cm), frond increment (FI), trunk diameter (T D, cm)

1.4 อัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน

อัตราพันธุกรรมในลักษณะต่างๆ ทางการเกษตร พบว่ามีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (h^2 อยู่ระหว่าง 0.01 – 0.67) (ตารางที่ 10) ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมระดับปานกลาง คือ ความกว้างทางใบ ความยาวทางใบ และความสูง (h^2 = 0.67, 0.56 และ 0.56 ตามลำดับ) สอดคล้องกับ Breure และ Corley (1983) ประเมินอัตราพันธุกรรมของลักษณะความยาวทางใบจากความสัมพันธ์พ่อแม่ - ลูกมีค่า 0.44 แต่ขัดแย้งกับ อังคณา และคณะ (2552) ได้รายงานว่าลักษณะเหล่านี้มีอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 = 0.09, 0.02 และ 0.01 ตามลำดับ) สำหรับลักษณะน้ำหนักทะลาย ธีระ และคณะ (2544) รายงานว่ามีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำซึ่ง Hardon (1976) รายงานว่าสาเหตุสำคัญเนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีปัจจัยทางสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูง ซึ่งมีผลกระทบต่ออัตราส่วนเพศดอกและทำให้ช่อดอกเป็นหมันหรือฝ่อได้

ตารางที่ 10 แสดงความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม (σ^2e) พันธุกรรม (σ^2g) ลักษณะแสดงออก (σ^2p) และอัตราพันธุกรรม (h^2) ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมัน

	variance component and heritability (h^2)			
Character	σe^2	σg^2	σp^2	h^2
L L	20.27	7.29	27.56	0.26
L W	0.08	0.06	0.14	0.43
L N	128.8	39.14	167.94	0.23
P W	0.02	0.04	0.06	0.67
P D	0.04	0.03	0.07	0.43
R L	592.14	740.82	1332.96	0.56
H	181.42	233.85	415.27	0.56
HI	29.61	0.61	30.22	0.02
FI	8.7	0.09	8.79	0.01
T D	36.71	15.05	51.76	0.29
B N	54.55	27.83	82.38	0.34
B W	2.71	0.54	3.25	0.17

leaflet length (L L, cm), leaflet wide (L W, cm), leaflet number (L N), petiole wide (P W, cm), petiole deep (P D, cm), rachis length (R L, cm), trunk height (H, cm), trunk height increment (HI, cm), frond increment (FI), trunk diameter (T D, cm), bunch number (B N) and bunch weight (B W, kg)

2 ลักษณะน้ำหนักแห้งของปาล์มน้ำมัน

2.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต (ตารางที่ 11) พบว่าค่าเฉลี่ยของลักษณะดังกล่าวของประชากรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับประชากรอื่น โดยเฉพาะในลักษณะผลผลิต และดัชนีทะลาย โดยลักษณะน้ำหนักแห้งทางใบ และน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งลำต้น น้ำหนักแห้งรวม ผลผลิต และดัชนีทะลายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิตในปาล์มน้ำมัน 4 ประชากร

	population					mean comparison		
Character	1	2	3	4	F - test	LSD 0.05	LSD 0.01	C.V. (%)
LA	18747.00	17921.00	19952.00	22933.00	**	1678.94	2686.86	13.82
LDW	47.00	37.55	46.62	46.23	*	6.29	10.07	23.22
TDW	7.35	6.65	7.86	10.43	**	1.81	2.89	36.74
VDM	54.35	44.20	54.09	57.03	*	7.21	11.54	22.50
TDM	70.16	63.82	73.94	100.47	**	12.10	19.36	25.68
Y	30.41	37.73	38.18	83.54	**	17.39	27.82	59.95
BI	0.21	0.25	0.26	0.43	**	0.08	0.13	45.00

leaf area (LA, cm^2), leaf dry weight (LDW, kg), trunk dry weight increment (TDW), vegetative dry matter production (VDM, kg/plant/year), total dry matter production (TDM, kg/plant/year), yield (Y, kg/year) and bunch index (BI)

* = significant different at P ≤ 5 %, ** = significant different at P ≤ 1 %

2.2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต (ตารางที่ 12) พบว่าลักษณะที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับผลผลิตคือ ลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม (r_p = 0.51, 0.37 และ 0.87 ตามลำดับ) ส่วนลักษณะที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับดัชนีทะลาย คือลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิต (r_p = 0.43, 0.68 และ 0.88 ตามลำดับ)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต (ตารางที่ 12) พบว่า ลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม มีค่าสหสัมพันธ์สูงกับผลผลิต (r_g = 1.00, 1.10 และ 0.97 ตามลำดับ) ส่วนลักษณะที่มีสหสัมพันธ์สูงกับดัชนีทะลาย คือลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งลำต้น น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิต (r_g = 1.09, 1.24, 1.06 และ 1.06 ตามลำดับ)

ตารางที่ 12 แสดงสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (r_p, เหนือแนวทะแยง) และสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ (r_g, ใต้แนวทะแยง) ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิตในปาล์มน้ำมัน

Character	LA	LDW	TDW	VDM	TDM	Y	BI
LA	-	0.39**	0.57**	0.60**	0.69**	0.51**	0.43**
LDW	-0.05	-	0.43**	0.97**	0.59**	0.13	-0.05
TDW	1.12	0.64	-	0.63**	0.60**	0.37**	0.22
VDM	0.83	0.97	0.80	-	0.67**	0.21	0.01
TDM	1.05	0.55	1.12	0.77	-	0.87**	0.68**
Y	1.00	0.31	1.10	0.58	0.97	-	0.88**
BI	1.09	0.42	1.24	0.68	1.06	1.06	-

leaf area (LA, cm^2), leaf dry weight (LDW, kg), trunk dry weight increment (TDW), vegetative dry matter production (VDM, kg/plant/year), total dry matter production (TDM, kg/plant/year), yield (Y, kg/year) and bunch index (BI)

** = significant different at P ≤ 1 %,

2.3 การวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต

การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (ตารางที่ 13) และสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ (ตารางที่ 14) ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต พบว่า การวิเคราะห์ให้ผลไปในทางเดียวกัน คือลักษณะน้ำหนักแห้งรวมมีอิทธิพลทางตรงในทางบวกกับผลผลิตสูง (1.32 วิเคราะห์จากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และ 1.28 วิเคราะห์จากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์) ส่วนลักษณะน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้นมีอิทธิพลทางตรงในทางลบกับผลผลิตสูง (-0.68 วิเคราะห์จากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และ -0.39 วิเคราะห์จากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์) ลักษณะต่างๆ มีอิทธิพลทางอ้อมในทางบวก และทางลบผ่านทางลักษณะน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้นไปยังผลผลิตตามลำดับ

จากค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งรวม มีค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิต (r_p = 0.87 และ r_g = 0.97) เมื่อพิจารณาอิทธิพลทางตรงของลักษณะน้ำหนักแห้งรวม พบว่า มีอิทธิพลทางตรงที่สูงกับผลผลิตเช่นกันดังนั้นลักษณะน้ำหนักแห้งรวมน่าจะใช้เป็นลักษณะสังเกตในการนำไปพิจารณาการคัดเลือกปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตสูง

ตารางที่ 13 แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งไปยังผลผลิต (ค่าจากแนวทะแยง หรือตัวหนาคืออิทธิพลทางตรงระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทะแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)

	Indirect effect					Correlation
Character	LA	LDW	TDW	VDM	TDM	coefficient
LA	**0**	0	0	-0.41	0.92	0.51
LDW	0	**0.01**	0	-0.66	0.78	0.13
TDW	0	0	**0**	-0.43	0.79	0.37
VDM	0	0.01	0	**-0.68**	0.88	0.21
TDM	0	0	0	-0.45	**1.32**	0.87

leaf area (LA, cm^2), leaf dry weight (LDW, kg), trunk dry weight increment (TDW), vegetative dry matter production (VDM, kg/plant/year), total dry matter production (TDM, kg/plant/year)

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งไปยังผลผลิต (ค่าจากแนวทะแยง หรือตัวหนาคืออิทธิพลทางตรง ระหว่างลักษณะ และค่าเหนือและใต้แนวทแยงคืออิทธิพลทางอ้อมระหว่างลักษณะ)

	Indirect effect					Correlation
Character	LA	LDW	TDW	VDM	TDM	coefficient
LA	**0**	0	-0.01	-0.33	1.34	1.00
LDW	0	**0**	0	-0.38	0.70	0.31
TDW	0	0	**0**	-0.32	1.43	1.10
VDM	0	0	0	**-0.39**	0.98	0.58
TDM	0	0	-0.01	-0.30	**1.28**	0.97

leaf area (LA, cm^2), leaf dry weight (LDW, kg), trunk dry weight increment (TDW), vegetative dry matter production (VDM, kg/plant/year), total dry matter production (TDM, kg/plant/year)

2.4 อัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

การประเมินอัตราพันธุกรรมในลักษณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักแห้งและผลผลิต (ตารางที่ 15) พบว่า ลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตมีอัตราพันธุกรรมปานกลาง (h^2 = 0.36, 0.37 และ 0.40 ตามลำดับ) สำหรับลักษณะลักษณะน้ำหนักแห้งทางใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้นมีอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 = 0.11, 0.19 และ 0.14 ตามลำดับ) อังคณา (2552) รายงานว่าลักษณะพื้นที่ใบ และลักษณะน้ำหนักแห้งทางใบมีอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 = 0.01 และ 0.08 ตามลำดับ)

ตารางที่ 15 แสดงความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม (σ^2 e) พันธุกรรม (σ^2 g) ลักษณะแสดงออก (σ^2 p) และอัตราพันธุกรรม (h^2) ของลักษณะน้ำหนักแห้ง และผลผลิตในปาล์มน้ำมัน

	variance component and heritability (h^2)			
Character	σ^2 e	σ^2 g	σ^2 p	h^2
LA	7,549,728.08	4,312,354.16	11,862,082.24	0.36
LDW	106.06	13.58	119.64	0.11
TDW	8.79	2.10	10.89	0.19
VDM	139.07	22.49	161.56	0.14
TDM	391.92	234.07	625.99	0.37
Y	809.53	537.18	1346.71	0.40
BI	0.02	0.007	0.027	0.26

leaf area (LA, cm^2), leaf dry weight (LDW, kg), trunk dry weight increment (TDW), vegetative dry matter production (VDM, kg/plant/year), total dry matter production (TDM, kg/plant/year), yield (Y, kg/year) and bunch index (BI)

บทที่ 4

สรุป

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตร น้ำหนักแห้ง และผลผลิตระหว่างปาล์มน้ำมัน 4 ประชากร พบว่าประชากรที่ 4 เป็นประชากรที่น่าสนใจที่ใช้เป็นประชากรสังเกตเพื่อพิจารณาใช้เป็นต้นแม่ในการปรับปรุงประชากรปาล์มน้ำมันในรอบต่อไป แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะทางการเกษตร น้ำหนักแห้ง และผลผลิตรายต้นพบว่า ต้นปาล์มบางต้นของประชากรอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าบางต้นของประชากรที่ 4 ดังนั้นต้นปาล์มดังกล่าวสมควรพิจารณาเป็นต้นสังเกตด้วยเช่นกัน

ลักษณะทางการเกษตรที่มีสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์อย่างมีนัยสำคัญกับจำนวนทะลายคือ ความกว้างใบย่อย ความยาวใบย่อย ความกว้างทางใบ ความหนาทางใบ ความยาวทางใบ ความสูง ความสูงที่เพิ่มขึ้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ลักษณะที่มีนัยสำคัญทางสถิติทางบวกกับน้ำหนักทะลายได้แก่ ความยาวใบย่อย ความกว้างทางใบ ความยาวทางใบ ความสูงที่เพิ่มขึ้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะต่างๆ ส่วนใหญ่มีสหสัมพันธ์ในทางบวกโดยเฉพาะลักษณะจำนวนทะลายกับลักษณะอื่นๆทุกลักษณะมีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์สูง สำหรับลักษณะทางการเกษตรที่มีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ในทางบวกที่สูงกับน้ำหนักทะลายคือ ลักษณะความยาวใบย่อย จำนวนใบย่อย ความสูงที่เพิ่มขึ้น และจำนวนทางใบที่เพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังจำนวนทะลาย พบว่าลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงในทางบวกที่สูงกับจำนวนทะลายคือ ลักษณะความกว้างใบย่อย และจำนวนใบย่อย ส่วนลักษณะความหนาทางใบมีอิทธิพลทางตรงในทางลบกับจำนวนทะลาย การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ พบว่าลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีอิทธิพลทางตรงในทางบวกที่สูงกับจำนวนทะลาย และมีอิทธิพลทางอ้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูงของลักษณะต่างๆ ผ่านลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นไปยังจำนวนทะลาย

การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะทางการเกษตรไปยังน้ำหนักทะลาย พบว่าลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงในทางบวกที่สูงกับน้ำหนักทะลาย คือลักษณะความหนาทางใบ ความยาวทางใบ ความสูงที่เพิ่มขึ้น สำหรับการวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ พบว่าลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงในทางบวกที่สูงกับน้ำหนักทะลาย คือจำนวนใบย่อย

ความกว้างทางใบ และความยาวทางใบ ส่วนลักษณะความหนาทางใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีอิทธิพลทางตรงในทางลบกับน้ำหนักทะลายสูง

อัตราพันธุกรรมในลักษณะต่างๆ ทางการเกษตร พบว่ามีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมระดับปานกลาง คือ ความกว้างทางใบ ความยาวทางใบ และความสูง

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต พบว่าลักษณะที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับผลผลิตคือ ลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม สำหรับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต พบว่า ลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม มีค่าสหสัมพันธ์สูงกับผลผลิต

การวิเคราะห์เส้นทางจากสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ของลักษณะน้ำหนักแห้งและผลผลิต พบว่าลักษณะน้ำหนักแห้งรวมมีอิทธิพลทางตรงในทางบวกกับผลผลิตสูง ส่วนลักษณะน้ำหนักแห้งการเจริญเติบโตทางลำต้นมีอิทธิพลทางตรงในทางลบกับผลผลิตสูง

การประเมินอัตราพันธุกรรมในลักษณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักแห้งและผลผลิต พบว่า ลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตมีอัตราพันธุกรรมปานกลาง

เอกสารอ้างอิง

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2548. พันธุ์ การผลิตเมล็ดพันธุ์ และการอนุบาลต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. *ใน*: เส้นทางสู่ ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน (บก. ธีระ เอกสมทราเมษฐ์). หน้า 25-49. สงขลา : Neo Point.

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

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ นิทัศน์ สองศรี ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ ชัยรัตน์ นิลนนท์ และ ยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544. สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์เส้นทาง และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน. วารสารสงขลานครินทร์ (วทท.) 23(พิเศษ): 691 - 704.

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

วัชรินทร์ ซุ้นสุวรรณ. 2545. วิธีการวิจัยทางเกษตร. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2526. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1. กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซท. 382 หน้า.

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

Alang, Z.C., Moir, G.F.J. and Jones, L.H. 1988. Composition degradation and utilization of endosperm during germination in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Ann. Bot. 61 : 261 – 268.

Alvarado, A., Sterling, F. and Montoya, C. 2000. Oil palm selection based on kernel content. ASD Oil Palm Paper 20 : 32 – 34.

Anon, 1956. Notes on the botany of the oil palm. 2. The seeding. Oil Palm Res. 2 : 92 – 95.

Anon, 1961. Notes on the botany of the oil palm. 3. The stem and stem apex. Oil Palm Res. 3 : 277 - 279.

Anon, 1962. Notes on the botany of the oil palm. 4. The leaf. Oil Palm Res. 3 : 350 - 352.

Boatman, S.G. and Crombie, W.M. 1958. Fat metabolism in the West African oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). 2. Fatty acid metabolism in the developing seeding. Exp. Bot. 9 : 52 – 74.

Breure, C.J. 1994. Development of leave in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) and the determination of the opening rates. Expl. Agric. 30 : 467 – 472.

Breure, C.J. and Bos, I. 1992. Development of elite families in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Euphytica 64 : 99 - 112.

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

Broekmans, A.F.M. 1957. Growth, flowering and yield of the oil palm in Nigeria. Oil Palm Res. 2 : 187 – 220.

Chan, K.W. 1977. A rapid method for studying the root distribution of oil palm and its application. *In* International Development in Oil Palm (eds. D.A. Earp and W. Newall). pp. 131 – 151. Kuala Lumpur : Incorp. Soc. Planter.

Cochard, B., Durand – Gasselin, T., Amblard, P., Konan, E.K. and Gogor, S. 2000. Performance of adult oil palm clones. Euphytica 34 : 161 – 175.

Corley, R.H.V. 1973. Oil palm physiology: a review. *In* Advances in oil palm cultivation (eds. R.L. Wastie and D.A. Earp), pp. 37 – 51. Kuala Lumpur : Incrop. Soc. Planters

Corley, R.H.V. 1976. Effects of severe leaf pruning on oil palm, and its possible use for selection purposes. Malay. Agric. Res. Dev. Inst. Res. Bull. 4 : 23 – 28.

Corley, R.V.H. and Breure, C.J. 1981. Measurements in oil palm experiment. Internal Report. London. Unilever Plantation.

Corley, R.V.H. and Breure, C.J. 1992. Fruiting activity, growth and yield of oil palm. I. Effects of fruit removal. Expl. Agric. 28 : 99 – 109.

Corley, R.V.H. and Donough, C.R. 1992. Potentail yield of oil palm clones – the importance of planting density. *In* Proc. Workshop " Yield potential in the oil palm" (eds. V. Rao, I.E. Henson and N. Rajanaidu), pp. 58 – 70. Kuala Lumpur : Int. Soc. Oil Palm Breeder.

Corley, R.V.H. and Gray, B.S. 1976a. Growth and morphology. *In* Oil palm research (eds. R.V.H. Corley, J.J. Hardon and B.J. Wood), pp. 77 – 86, Amsterdam : Elsevier.

Corley, R.V.H. and Gray, B.S. 1976b. Yield and yield components. *In* Oil palm research (eds. R.V.H. Corley, J.J. Hardon and B.J. Wood), pp. 77 – 86, Amsterdam : Elsevier.

Corley, R.H.V. and Tinker, P.B. 2003. The Oil Palm. Miami : Blackwell.

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

Gerritsma, W. 1988. Light interception, leaf photosynthesis and sink – source relation in oil palm. The Natherlands : Wageningen Agricultural University.

Gerritsma, W. and Soebagyo, F.X. 1999. An analysis of the growth of leaf area of oil palm in Indonesia. Expl. Agric. 35 : 293 – 308.

Gray, B.S. 1969. A study of the influence of genetic, agronomic and environment factors on the growth, flowering and bunch production of the oil palm on the west coast of West Malaysia. Aberdeen. Thesis, Univ. of Aberdeen.

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

Hardon, J.J. 1976. Oil palm breeding introduction. *In* Oil Palm Reseaech. (eds. R.H.V. Corley., J.J. Hardon and B.J.Wood), pp. 89-108. Amsterdam : Elsevier.

Hartley, C.W.S. 1988. The Oil Palm. 3rd ed. London : Longman.

Henry, P. and Gascon, J.P. 1950. Les palmiers a huile du type pisifera et la sterilite. Oleagineux 5 : 29 – 34.

Henson, I.E. 1990. Photosynthesis and source – sink relationship in oil palm (*Elaeis guineensis*). Trans. Malay. Soc. Pl. Physiol. 1 : 165 – 171.

Henson, I.E. 1991. Age – relate changes in stomatal and photosynthetic characteristics of leave of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Elaeis 3 : 336 – 348.

Henson, I.E. 1993. Assessing frond dry matter production and leaf area development in young oil palm *In* Proc. 1991 PRORIM Int. Palm Oil Conf. – Agriculture (eds. B. Yusof, B.S. Jalani, K.W. Chan), pp. 525 – 541. Kuala Lumpur : Palm Oil Res. Inst. Malaysia.

Henson, I.E. and Chai, S.H. 1997. analysis of oil palm productivity II. Biomass, distribution, productivity and turnover of the root system. Elaeis 9 : 78 – 92.

Henson, I. E. and Dolmat, M.T. 2004. Seasonnal variation in yield and developmental processes in an oil palm density trial on a peat soil : 2 bunch weight components. Oil Palm Res. 16 : 106 – 120.

Hirsch P.J. 1980. Relations entre l'appareil vegetatif et la production chez le palmire a huile en Cote d'Ivoire. Oleagineux 35 : 233 – 239.

Jacquemard, J.C. 1979. Contribution to the study of the height growth of the stems of *Elaeis guineensis* Jacq. Study of the L2T x D10D cross. Oleagineux 34 : 492 – 497.

Jagoe, R.B. 1934. Notes in the oil palm in Malaya with special reference to floral morphology. Malay. Agric. 22 : 541 – 549.

Jagoe, R.B. 1952. The 'dumpy' oil palm. Malay. Agric. 35 : 12 – 21.

Jourdan, C. and Rey, H. 1997. Architecture and development of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. Pl. Soil 189 : 33 – 48.

Jourdan, C., Michaux – Ferriere, N. and Perbal, G. 2000. Root system architecture and gravitropism in the oil palm. Ann. Bot. 85 : 861 – 868.

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

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

Lambourne, J. 1935. Note on the root habit of oil palm. Malay. Agric. 23 : 582 – 583.

Lim, K.C. and Chan, K.W. 1998. Bunch components studies over the past two decades. *In* Proc. 1996 Int. Conf. 'Oil and kernel production in oil palm – a global perspective' (eds. N. Rajanaidu, I.E. Henson and B.S. Janani), pp. 133 – 150. Kuala Lumpur : Palm Oil Res. Inst. Malaysia.

Morton, A.G. 1942. A study of the relationship between growth and mycorrhizal development in the oil palm. Internal Report, Lever Bros and Unilever.

Musa, B.B., Saleh, G.B. and Loong, S.G. 2004. Genetic variability and broad – sense heritability in two Deli – AVROS D x P breeding population of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Journal of Breeding and Genetics 36 : 13 – 22.

Nadarajah, P. 1980. Species of Endogonaceae and mycorrhizal association of Elaeis guineensis and Theobroma cacao. *In* Tropical mycorrhiza research (ed. P. Mikola), pp. 232 – 237. Oxford : Oxford Scince Publishers.

Ng, S.K., Thamboo, S. and de Souza, P. 1968. Nutrient contents of the oil palm in Malaya. II. Nutrient in vegetative tissues. Malay. Agric. 46 : 332 – 391.

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

Oboh, B.O. and Fakorede, M.A.B. 1990. Interrelations among vegetative, yield and bunch quality traits in short – term oil palm progenies. Euphytica 46 : 7 – 14.

Okwuagwu, C.O. and Okolo, E.C. 1994. Genetic control of Polymorphism for kernel – to – fruit ratio in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Elaeis 6 : 75 – 81.

Okwuagwu, C.O. and Tai, G.C.C. 1995. Estimate of variance components and heritability of bunch yield and yield components in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.*)* Plant Breeding 144 : 463 – 465.

Purba, A.R., Flori A., Baudouin, L. and Hamon, S. 2001. Prediction of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) agronomic performances using the best linear unbiased predictor (BLUP). Theor. Appl. Genet. 105 : 787 – 792.

Purvis, C. 1956. The root system of the oil palm: its distribution, morphology and anatomy. Oil Palm Res. 1 : 61 – 82.

Rajanaidu, N., Rao, V. and Jalani S. 1992. Yield potential and genotype x environment (GE) studies in oil palm (*Elaeis guineensis*). *In* Proc International Workshop 'Yield Potential in Oil Palm' (eds. H.W Hoong, C.H. Lee and Y.P. Tan), pp. 4 – 57. Selangor : Palm Oil Res. Inst. Malaysia.

Rajanaidu, N., Kushairi, A., Rafii, M., Din, A. M., Maizura, I. and Jalani, B.S. 2000. Oil palm breeding and genetic resources. *In* Advances in Oil Palm Research (eds. B. Yusof, B.S. Jalani, K.W. Chan) Vol. I, pp. 171–224. Selangor : SMART Print and Stationer.

Rees, A.R. and Tinker, P.B. 1963. Dry – matter production and nutrient content of plantation oil palm in Nigeria. I. Growth and dry – matter production. Pl. Soil 19 : 19 – 32.

Roy, D. 2000. Plant Breeding Analysis and Exploitation of Variation. Pangbourne : Alpha Science International.

Rure, P. 1969. Systeme racinaire du palmire a huile et alimentation hydrique. Oleagineux 24 : 327 – 330.

Singh, R.K. and Chaudhary, B.D. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. New Delhi : Kalyani Publishers.

Sparnaaij, L.D. 1960. The analysis of bunch production in the oil palm. Oil Palm Res. 3 : 109 – 180.

Squire, G.R. 1984. Light interception, productivity and yield of oil palm. Internal Report, Palm Oil Res. Inst. Malaysia.

Squire, G.R. 1986. A physiological analysis for oil palm trials. Palm Oil Res. Inst. Malaysia Bull. 12 : 12 – 31.

Squire, G.R. and Corley R.H.V. 1987. Oil Palm. *In* Tree crop physiology (eds. M.R. Sethuraj and A.S. Rsghavendra), pp. 141 – 167. Amsterdam : Elsevire.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and Procedures of Statistics. New York : McGraw Hill International Book Co., Inc.

Tailliez, B. 1971. The root system of the oil palm on the San Alberto plantation in Columbia. Oleagineux 26 : 435 – 448.

Tailliez, B. and Ballo Koffi, C. 1992. A method for measuring oil palm leaf area. Oleagineux 47 : 537 – 545.

Tan, G.Y. and Hardon, J.J. 1976. Nursery selection. *In* Oil palm research (eds. R.H.V. Corley, J.J. Hardon and B.J. Wood), pp. 139 – 143. Amsterdam : Elsevire.

Tandon, R., Manohara, T.N., Nijalingappa, B.H.M. and Shivanna, K.R. 2001. Polination and pollen – pistil interaction in oil palm, *Elaeis guineensis*. Ann. Bot. 87 : 831 – 838.

Thomas, R.L., Chan, K.W. and Ng, S.C. 1970. Phyllotaxis in the oil palm: arrangement of male / female spikelets on the inflorescence stalk. Ann. Bot. 34 : 93 – 105.

Thomas, R.L., Seth, A.K., Chan, K.W. and Ooi, S.C. 1973. Induced parthenocarpy in the oil palm. Ann. Bot. 37 : 447 – 452.

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

Tinker, P.B. 1976. Soil requirements of the oil palm. *In* Oil palm research (eds. R.H.V. Corley, J.J. Hardon and B.J. Wood), pp. 165 – 181. Amsterdam : Elsevire.

Tomlinson, P.B. 1961. Anatomy of the monocotyledons. II. Palmae. Oxford : Oxford University Press.

Turner, P.D. and Bill, R.A. 1967. Diseases and disorders of the oil palm in Malaysia. Kuala Lumpur : Incorp. Soc. Planters.

Wan, C.K. 1987. Development and parthenocarpic fruits in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) due to application herbicides. The Planter. 63 : 90 – 95.

Williams, C.N. and Thomas, R.L. 1970. Observation on sex differentiation in the oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq. Ann. Bot. 34 : 957 – 963.

Wood, B.J., Corley, R.H.V. and Goh, K.H. 1973. Studies on the effect of pest damage on oil palm yield. *In* Advances in oil palm cultivation (eds. R.L. Wastie and D.A. Earp), pp. 360 – 377. Kuala Lumpur : Incorp. Soc. Planters.

Yusof, B., Jalani, B.S.and Chan, K.W. 2000. Advances in Oil Palm Research. Malaysian Palm Oil Board. 782 P.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายธีรภาพ แก้วประดับ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910620027

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ธีรภาพ แก้วประดับ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2552. สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันดูรา Correlation and Heritability of Agronomic Characters in Dura Oil Palm Populations. วารสารเกษตรพระเจ้าเกล้า. (อยู่ระหว่างการตีพิมพ์)