การวิเคราะห์เสถียรภาพของลูกผสมปาล์มน้ำมันในสามสถานที่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย

Stability Analysis of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Progenies in Three Locations of East - Coast Southern Thailand

นิราณี บือราเฮง

Niranee Bueraheng

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

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

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การวิเคราะห์เสถียรภาพของลูกผสมปาล์มน้ำมันในสามสถานที่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย

Stability Analysis of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Progenies in Three Locations of East - Coast Southern Thailand

นิราณี บือราเฮง

Niranee Bueraheng

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

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

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์เสถียรภาพของลูกผสมปาล์มน้ำมันในสามสถานที่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย

ผู้เขียน นางสาวนิราณี บือราเฮง

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ สดุดี)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สุดนัย เครือหลี)

.....กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ สดุดี)

.....กรรมการ

(ดร.จักรัตน์ อโณทัย)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นางสาวนิราณี บือราเฮง)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวนิราณี บือราเฮง)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์เสถียรภาพของลูกผสมปาล์มน้ำมันในสามสถานที่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย

ผู้เขียน นางสาวนิราณี บือราเฮง

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การทดสอบศักยภาพทางการเจริญเติบโตและผลผลิตของพันธุ์พืช ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเพื่อหาสายพันธุ์พืชที่มีเสถียรภาพสูง เนื่องจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีการแสดงออกแตกต่างกัน ตามสภาพแวดล้อมที่พืชเจริญเติบโตส่งผลให้ศักยภาพของพันธุ์พืชแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อม วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางการเกษตร และประเมินเสถียรภาพพันธุ์ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม อายุ 4 ปี ภายใต้โครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แปลงทดลองตั้งอยู่ 3 สถานที่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออก คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช แต่ละแปลงทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ซึ่งกำหนดให้ลูกผสมปาล์มน้ำมันเป็นสิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองเก็บข้อมูลจำนวน 5 ต้น บันทึกข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต องค์ประกอบทะลาย ผลผลิตน้ำมัน และการเจริญเติบโตของลูกผสมปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 - ธันวาคม 2557 ส่วนข้อมูลสภาพภูมิอากาศรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี 2553 - 2557 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน และวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาแบบผลคูณ (AMMI) เพื่อประเมินเสถียรภาพพันธุ์ ด้วยโปรแกรม R (version 2.14.0) ผลการศึกษาพบว่า ความแปรปรวนของพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างทางสถิติที่อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า พันธุกรรม สภาพแวดล้อม หรือสถานที่ปลูกที่ต่างกันมีอิทธิพลต่อลักษณะทางเกษตรทั้งหมดของปาล์มน้ำมันในแต่ละ แปลงทดลอง ยกเว้นลักษณะความสูง พบว่า ปัจจัยทางพันธุกรรมไม่ทำให้ลักษณะความสูงมีความแตกต่างทางสถิติ และลักษณะความยาวทางใบ ที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์เสถียรภาพพันธุ์ด้วยวิธี AMMI พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 มีเสถียรภาพพันธุ์สูงเมื่อเปรียบเทียบกับลูกผสมเบอร์อื่นๆ ที่ปลูกทดสอบร่วมกัน โดยสามารถปลูกได้ทั้ง 3 แปลงทดลอง และลูกผสมปาล์มน้ำมันที่มีความสามารถในการปรับตัวแบบ

เฉพาะเจาะจงแต่ละสภาพแวดล้อม คือ ลูกผสมเบอร์ 132 เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมบริเวณอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา ขณะที่ลูกผสมเบอร์ 119 และ137 เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมบริเวณอำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และบริเวณอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ตามลำดับ

Thesis Title Stability Analysis of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Progenies in Three Locations of East - Coast Southern Thailand

Author Miss Niranee Bueraheng

Major Program Plant Science

Academic Tear 2017

ABSTRACT

Crop performance under a wide range of environmental conditions can be studied to indicate varieties with high yield stability because genotype by environment (G x E) interactions are the main cause of differences in performance of genotypes in different environments. The objectives of this study were to examine the variances of genotypes, environments, and G x E interactions that affected agronomic traits and to estimated stability of oil palm progenies. 6 progenies of oil palms, aged 4 years old, were obtained from an oil palm breeding program at the Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. The experimental plots were 3 located on the east coast of southern Thailand, including Rattaphum District of Songkhla Province, Mueang Phatthalung District of Phatthalung Province and Thung Song District of Nakhon Si Thammarat Province. The experiments followed a completely randomized design at each site. Each oil palm progenies was set up as a treatment, and each treatment was recorded from 5 palm trees. Yield, yield components, bunch components, oil yield and vegetative traits were collected during January 2013 to December 2014, weather data from 2010 to 2014, and physical and chemical properties of soil. Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI) model was used to analyze the stability with R program (version 2.14.0.). The results showed the following: variances due to genotypes, environments and G x E interactions were highly significant which indicated that environments were diverse; variability of different locations affected all traits; in the excepted plant height the variance by genotypes was not significant, and G x E interactions were not significant with respect to rachis length. The AMMI analysis indicated that progeny 110 was the most stable genotype. Progeny 132 had a specific

adaptability making it suitable for Songkhla Province, while progenies 119 and 137 were suitable genotypes for Phatthalung and Nakhon Si Thammarat Provinces, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องการวิเคราะห์เสถียรภาพของลูกผสมปาล์มน้ำมันในสามสถานที่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ สดุดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการทำวิจัย การเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ และให้ความช่วยเหลือด้านทุนการศึกษา ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.จักรัตน์ อโณทัย กรรมการสอบ และดร.สุดนัย เครือหลี ประธานกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาสละเวลา ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาตามโครงการพัฒนาอาจารย์และบุคลากรสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ ประจำปี 2556 หลักสูตรปริญญาเอกภายในประเทศ ประเภทบุคคลทั่วไป ตลอดจนคณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้การตอบรับเป็นสถาบันต้นสังกัด ภายหลังสำเร็จการศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ปีงบประมาณ 2556 รวมถึงสถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน ระยะที่ 2 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุเคราะห์มอบทุนสนับสนุนการผลิตบัณฑิต โครงการวิจัยวิทยานิพนธ์ที่วิจัยด้านพืชกรรมปาล์มน้ำมัน

ขอขอบพระคุณ เกษตรกรเจ้าของแปลงปาล์มน้ำมันคุณนิพัทธ์ แปลงปาล์มน้ำมันอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา คุณยุทธ แปลงปาล์มน้ำมันอำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และคุณแดง แปลงปาล์มน้ำมันอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่อนุเคราะห์แปลงปาล์มน้ำมันเพื่อทำวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว น้องชายและครอบครัวบือราเฮง สำหรับกำลังใจและสนับสนุนการศึกษาจนสำเร็จ ตลอดจนขอขอบคุณ พี่บิ๋ม พี่ใหญ่ พี่เอ๊ะ เบิร์ด น้องนน น้องแม็ก น้องปอนด์ น้องแบ๋ม น้องวิ น้องมิ้น น้องบุ๋ม และเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่านที่ไม่สามารถกล่าวถึงได้หมดในที่นี้ ที่คอยให้ความช่วยเหลือดูแล ให้คำปรึกษา แนะนำและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายคุณงามความดีหรือประโยชน์อันเนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขออุทิศให้แด่นายวศะพงศ์ เอกสมทราเมษฐ์ และนายสิทธิพงษ์ พรมมา

นิราณี บือราเฮง

สารบัญ

บทคัดย่อ 5
ABSTRACT 7
กิตติกรรมประกาศ 9
สารบัญ 10
รายการตาราง 11
รายการภาพประกอบ 13
บทที่ 1 บทนำ 16
บทนำต้นเรื่อง 16
การตรวจเอกสาร 18
วัตถุประสงค์การวิจัย 34
บทที่ 2 วิธีการวิจัย 35
วิธีดำเนินการ 35
วัสดุและอุปกรณ์ 47
บทที่ 3 ผลการวิจัย 49
สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน 49
สภาพภูมิอากาศของแปลงทดลอง 49
การทดสอบเอกภาพความแปรปรวนของข้อมูล 51
การวิเคราะห์ผลรวม การวิเคราะห์เสถียรภาพ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
และแผนภาพสองทิศทาง 53
บทที่ 4 วิจารณ์ 113
สมบัติของดินและสภาพภูมิอากาศของแปลงทดลอง 113
การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเสถียรภาพพันธุ์ 115
บทที่ 5 สรุปผล 117
สรุปผลการวิจัย 117
เอกสารอ้างอิง 118
ประวัติผู้เขียน 126

รายการตาราง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลผลิตของพันธุ์ลูกผสมเทเนอรา ม.อ. ที่ทดสอบและ
ผลผลิตทะลายของปาล์มน้ำมันโดยทั่วไป 19
ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน 25
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบนัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของ
ลักษณะผลผลิต จำนวนทะลาย น้ำหนักต่อทะลายและเปอร์เซ็นน้ำมันต่อทะลาย 27
ตารางที่ 4 รวมสูตรทางคณิตศาสตร์ 9 ชนิดที่ใช้ประเมินเสถียรภาพพันธุ์พืช 30
ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าคาดหมายกำลังสองเฉลี่ยของแผน CRD.....42
ตารางที่ 6 ความแปรปรวนของการวิเคราะห์ผลรวม.....44
ตารางที่ 7 การวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ ด้วยวิธี AMMI.....45
ตารางที่ 8 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา อำเภอเมืองพัทลุง
จังหวัดพัทลุง และอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ระดับความลึกดิน 0 – 30
เซนติเมตร 50
ตารางที่ 9 การทดสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน 52
ตารางที่ 10 วิเคราะห์ความแปรปรวนและความเสถียรของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตโดย
วิธีวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาสัมพันธ์แบบผลคูณ.....54
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของจำนวนทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 55
ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทะลายเฉลี่ย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 58
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยของผลผลิตทะลายสด และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 61
ตารางที่ 14 วิเคราะห์ความแปรปรวนและความเสถียรของลักษณะองค์ประกอบทะลายและ
ผลผลิตน้ำมันโดยวิธีวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและ ปฏิกิริยาสัมพันธ์แบบผลคูณ 64
ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลเฉลี่ย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 67
ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 70
ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 73

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 76
ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 79
ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 82
ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 85
ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 88
ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 91
ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 94
ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 97
ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำมัน และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 100
ตารางที่ 27 วิเคราะห์ความแปรปรวนและความเสถียรของลักษณะการเจริญเติบโต
โดยวิธีวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาสัมพันธ์แบบผลคูณ 103
ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยความสูงต้น และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 104
ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ยความยาวทางใบ ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม
ทั้ง 3 แปลงทดลอง 107
ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง 109
ตารางที่ 31 ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่สามารถให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีที่สุดและ
ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่มีเสถียรภาพในแต่ละแปลงทดลอง 112

รายการภาพประกอบ

ภาพที่ 1 เนื้อที่ให้ผลผลิตและผลผลิตปาล์มน้ำมันในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ในปี 2559 20
ภาพที่ 2 การตอบสนองของพันธุ์ในรูปแบบของค่า (b_i) และ (s^2_{di}) จากวิธีรีเกรสชัน 31
ภาพที่ 3 แผนที่แสดงที่ตั้งของแปลงทดลอง 36
ภาพที่ 4 ภาพถ่ายดาวเทียมและสภาพทั่วไปของแปลงทดลองที่ 1
อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 37
ภาพที่ 5 ภาพถ่ายดาวเทียมและสภาพทั่วไปของแปลงทดลองที่ 2
อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง 37
ภาพที่ 6 ภาพถ่ายดาวเทียมและสภาพทั่วไปของแปลงทดลองที่ 3
อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 37
ภาพที่ 7 วิธีการเจาะเก็บตัวอย่างดินด้วยออเกอร์ที่ระดับความลึก 0 - 30 เซนติเมตร 38
ภาพที่ 8 วิธีการเก็บข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต; ลักษณะทางใบ (ก - ฉ)
และลักษณะลำต้น (ช และ ซ) 39
ภาพที่ 9 กระบวนการวิเคราะห์ลักษณะองค์ประกอบทะลายและผลผลิตน้ำมัน 41
ภาพที่ 10 ลักษณะลำต้น ทะลาย ผลและผลตัดตามขวางของลูกผสมเทเนอราทั้ง 6 คู่ผสม) 48
ภาพที่ 11 ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุด และความชื้นสัมพันธ์รายปี
ระหว่างปี 2553 -2557 ของแต่ละแปลงทดลอง: SKA: แปลงทดลองจังหวัดสงขลา
PLG: แปลงทดลองจังหวัดพัทลุง และNRT: แปลงทดลองจังหวัดนครศรีธรรมราช 51
ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ยของจำนวนทะลายและค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 56
ภาพที่ 13 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของจำนวนทะลาย 56
ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทะลายเฉลี่ย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 59
ภาพที่ 15 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของน้ำหนักทะลายเฉลี่ย 59
ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยของผลผลิตทะลายสด และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 62
ภาพที่ 17 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของผลผลิตทะลายสด 62

ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลเฉลี่ย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 68
ภาพที่ 19 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของน้ำหนักผลเฉลี่ย 68
ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 71
ภาพที่ 21 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย 71
ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 74
ภาพที่ 23 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย 74
ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 77
ภาพที่ 25 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย 77
ภาพที่ 26 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 80
ภาพที่ 27 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล 80
ภาพที่ 28 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 83
ภาพที่ 29 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล 83
ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลและค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 86
ภาพที่ 31 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผล 86
ภาพที่ 32 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดและค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 89

ภาพที่ 33 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด 89
ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 92
ภาพที่ 35 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง 92
ภาพที่ 36 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 95
ภาพที่ 37 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล 95
ภาพที่ 38 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 98
ภาพที่ 39 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย 98
ภาพที่ 40 ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำมัน และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 101
ภาพที่ 41 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของผลผลิตน้ำมัน 101
ภาพที่ 42 ค่าเฉลี่ยความสูงต้น และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 105
ภาพที่ 43 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของความสูงต้น 105
ภาพที่ 44 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใบ และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1)
ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่ 110
ภาพที่ 45 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1)
และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของพื้นที่ใบ 110

บทที่ 1
บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกิดภัยธรรมชาติบ่อยครั้งและมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น (IPCC, 2007) ประเทศไทยเป็นพื้นที่หนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ทำให้ฝนไม่ตกตามฤดูกาล การกระจายตัวของฝนผิดปกติ เป็นเหตุให้เกิดภัยแล้ง น้ำท่วม พายุฝนฟ้าคะนองที่รุนแรง หรือแม้แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556) ผลกระทบเหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย (กาญจนา, 2550) ซึ่งยังคงต้องใช้น้ำฝนตามธรรมชาติเป็นหลัก โดยเฉพาะภาคใต้เป็นภูมิภาคที่ตั้งอยู่บนคาบสมุทรได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากสภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ ส่งผลให้มีฝนตกชุกมากผิดปกติ ทั้งช่วงเวลาและปริมาณเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีความรุนแรงมากขึ้น ก่อให้เกิดฝนตกทิ้งช่วงคือฝนตกลงมาอย่างหนักแล้วหายไปนานแล้วตกลงมาใหม่อีกครั้ง ในแต่ละช่วงจะมีความถี่มากขึ้นทำให้หลายจังหวัดเกิดน้ำท่วมหลายระลอกและฤดูร้อนจะยาวนานกว่าในอดีต (อัศมน และคณะ, 2553; Limsakul et al., 2011, สายัณห์และบัญชา, 2556) ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ รวมทั้งปาล์มน้ำมันซึ่งต้องปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี และมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอตลอดปีไม่น้อยกว่า 120 มิลลิเมตรต่อเดือน จึงจะสามารถให้ผลผลิตต่อเนื่องได้ตลอดทั้งปี แต่ผลผลิตจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับช่วงเวลา ฤดูกาลและสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ (ธีระ, 2554 และกาญจนา และคณะ, 2557)

พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทยและมีแนวโน้มขยายพื้นที่ปลูกไปยังภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ เนื่องจากทั้งโลกมีความต้องการทางด้านอาหารและพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของภาครัฐ (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021) ที่มีเป้าหมายจะใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกให้ได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานของประเทศในปี พ.ศ. 2564 และส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นพืชทดแทนพลังงาน ลดภาระการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559; กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป) ซึ่งพื้นที่ปลูกปาล์มใหม่อาจจะมีความไม่เหมาะสมของพันธุ์ ที่ปลูกได้ดีทางภาคใต้ พันธุ์ไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้นได้ ประกอบกับการจัดการที่ไม่ชำนาญและ

สภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนในปัจจุบันส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต เนื่องจากลักษณะผลผลิตทะลายและผลผลิตน้ำมันเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ มีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมและอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมสูง (Corley and Tinker, 2003) ทำให้ผลผลิตของแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อมที่ปลูก จากปัญหาดังกล่าวทำให้สถานพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้เริ่มโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันจากฐานพันธุกรรมในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยทำการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ ปรับปรุงพันธุ์และปลูกทดสอบในหลายพื้นที่ทั่วภาคใต้ เพื่อพัฒนาประชากรพ่อแม่พันธุ์และพัฒนาพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ให้ผลผลิตสูง สามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อม (ธีระ และธีระพงศ์, 2556)

สำหรับการสร้างพันธุ์พืชใหม่นั้น จำเป็นต้องผ่านการปลูกทดสอบในหลายพื้นที่และหลายฤดูกาล ก่อนส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก เพื่อเป็นการยืนยันความสามารถในการปรับตัวและศักยภาพของพันธุ์ (ไพศาล และคณะ, 2547; Rafii *et al*., 2001) ซึ่งก็หมายถึงพันธุ์พืชนั้นจะต้องมีเสถียรภาพของพันธุ์ในด้านผลผลิตเมื่อปลูกในหลายสภาพแวดล้อม (ชูศักดิ์, 2551) หรืออีกนัยหนึ่งหมายถึงพันธุ์ที่ให้ผลผลิตดีในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม แต่อาจให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (กิตติศักดิ์, 2549)

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบลูกผสมปาล์มน้ำมันพันธุ์ ม.อ. ในภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย ได้แก่ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน เพื่อทดสอบเสถียรภาพของพันธุ์โดยวิธีการวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาแบบผลคูณ (AMMI) เป็นเกณฑ์พิจารณาในการคัดเลือก ให้ได้พันธุ์ที่มีศักยภาพต่อพื้นที่แบบทั่วไปและแบบเฉพาะเจาะจง เพื่อผลิตเป็นการค้าและแนะนำเกษตรต่อไปในอนาคต

การตรวจเอกสาร

1. ประวัติความเป็นมาของปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2480 พระยาประดิพัทธ์ ภูบาล เป็นผู้นำปาล์มน้ำมันเข้ามาปลูกในประเทศไทยเป็นครั้งแรก โดยปลูกเป็นไม้ประดับที่สถานีทดลองยางคอหงส์ จังหวัดสงขลา และหม่อมเจ้าอมรสมานลักษณ์ กิติยากร เริ่มปลูกเป็นการค้าครั้งแรก พื้นที่ประมาณ 1,000 ไร่ ที่ตำบลบ้านปริก อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา (ปัจจุบันได้หยุดกิจการ) ต่อมาปี พ.ศ. 2511 อธิบดีกรมประชาสงเคราะห์ คุณสุวรรณ รื่นยศ เริ่มมีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้าอีกครั้ง ได้ดำเนินการปลูกปาล์มน้ำมัน ในนิคมสร้างตนเองพัฒนาภาคใต้ อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล โดยมีสมาชิกเข้าร่วมโครงการ 1,645 ราย พื้นที่ปลูกประมาณ 20,000 ไร่ ในขณะเดียวกันภาคเอกชนได้ดำเนินการขอสัมปทานจากภาครัฐ เป็นเวลา 20 ปี ในพื้นที่ปลูก 16,262 ไร่ ที่ตำบลปลายพระยา อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ (ธีระ และคณะ, 2548) หลังจากนั้นได้มีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างต่อเนื่องจนปัจจุบัน

1.1 ประวัติความเป็นมาของปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ.1

เมื่อปี พ.ศ. 2530 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้เริ่มโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน โดย ศ.ดร.สุจินต์ จินายน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมเชื้อพันธุกรรมปาล์มน้ำมันลูกชั่วที่ 2 (F_2) ซึ่งผ่านการคัดเลือกจากลูกชั่วที่ 1 (F_1) ของลูกผสมเทเนอราที่ปลูกในประเทศไทยโดยการคัดเลือกจากแต่ละสวนๆละ 1 ทะลาย แต่ละทะลายคัดเลือกไว้เพียง 4 ผลทะลายที่คัดเลือกพิจารณาจากทะลายที่มีขนาดใหญ่และมีลักษณะกะลาบาง และในปีพ.ศ. 2532 ได้นำเมล็ดที่คัดได้ มาเพาะและปลูกในแปลงที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ จำนวน 1,038 ต้น ซึ่งเป็นแปลงรวบรวมเชื้อพันธุกรรมปาล์มน้ำมัน โดยมีลักษณะโครงสร้างทางพันธุกรรมเป็นพันธุ์แท้หรือโฮโมไซกัส 50 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ทางหรือเฮเทอโรไซกัส 50 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากแต่ละต้นเกิดจากการผสมข้ามระหว่างพ่อแม่ เทเนอรา x เทเนอรา ในแปลงเดียวกันของเกษตรกร เชื่อว่าในแปลงรวบรวมเชื้อพันธุกรรมปาล์มน้ำมันนี้มีต้นกำเนิดมาจากเดลี ดูรา และ AVROS พิสิเฟอรา ซึ่งเป็นเชื้อพันธุกรรมที่ได้รับความนิยมใช้เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเทเนอราพันธุ์ดีในปัจจุบัน ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ปลูกในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2520 - 2530 นั้นเป็นปาล์มน้ำมันที่นำเข้าเมล็ดพันธุ์จากประเทศมาเลเซียทั้งหมด ซึ่งใช้พันธุกรรมของต้นแม่พันธุ์ดูรา จากแหล่งของเดลีดูรา และใช้พันธุกรรมของต้นพ่อพันธุ์พิสิเฟอราจากแหล่งของ AVROS ในการผลิตลูกผสม ซึ่งเชื้อพันธุกรรมดังกล่าวมีต้นกำเนิดมาจากประเทศอินโดนีเซีย (ธีระ, 2554)

ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ.1 เป็นลูกผสมเทเนอราที่ได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์โดยนักวิจัยของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ธีระ และธีระพงศ์, 2556) ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลัก ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ให้ผลผลิตสูงและปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมในบางพื้นที่ปลูกของภาคใต้

2. เพื่อพัฒนาประชากรสายพันธุ์แม่ (ดูรา) และสายพันธุ์พ่อ (พิสิเฟอรา) ใช้ในการผลิตลูกผสมเทเนอราเผยแพร่ให้กับเกษตรกร

1.2 ลักษณะพิเศษของปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ.1

ให้ผลผลิตสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของลูกผสมเทเนอราทั่วไป ทั้งผลผลิตทะลายและผลผลิตน้ำมัน เมล็ดในมีขนาดปานกลาง และเป็นพันธุ์ที่มีพันธุกรรมที่สามารถปรับตัวเข้ากับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและสภาพแห้งแล้ง เนื่องจากพ่อแม่พันธุ์ถูกคัดเลือกภายใต้สภาพแวดล้อมจากข้อมูลต่างๆ ข้างต้น โดยเฉพาะลักษณะผลผลิตทะลายที่ทดสอบ พบว่า มีผลผลิตทะลายสูงกว่าผลผลิตทะลายของปาล์มน้ำมันโดยอื่นๆ ที่อายุเท่ากันของประเทศไทยและมาเลเซีย (ตารางที่ 1) และคาดว่าผลผลิตทะลายเมื่อมีอายุ 5 - 8 ปี จะสูงขึ้นมากว่า 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และมากกว่า 5,000 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เมื่อมีอายุมากกว่า 8 ปี (ธีระ และธีระพงศ์, 2556)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลผลิตของพันธุ์ลูกผสมเทเนอรา ม.อ.1 ที่ทดสอบและผลผลิตทะลายของปาล์มน้ำมันโดยทั่วไป

อายุปาล์ม (ปี)	พันธุ์ลูกผสมเทเนอรา ม.อ.1		ผลผลิตทะลายของปาล์มน้ำมันโดยทั่วไป (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)	
	ผลผลิตทะลาย (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)	ผลผลิตน้ำมัน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)	ไทย	มาเลเซีย
3 – 4	มากกว่า 2,000	มากกว่า 400	80 – 750	1,200
5 – 8	มากกว่า 2,500	มากกว่า 500	1,409 – 2,090	2,010 – 3,170
มากกว่า 8	มากกว่า 5,000	มากกว่า 700	2,380 – 2,631	3,200

ที่มา: ธีระ และธีระพงศ์ (2556)

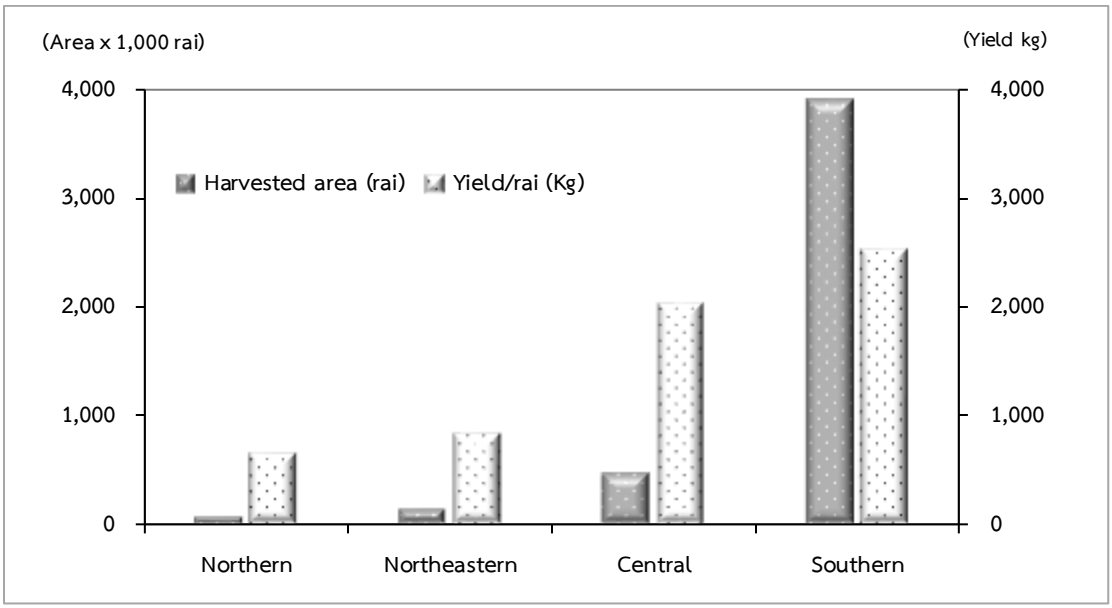
2. สถานการณ์การผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม

2.1 การผลิตปาล์มน้ำมัน

ในปี 2559 มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 4.56 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2558 ซึ่งมีเนื้อที่ให้ผลผลิต 4.30 ล้านไร่ ซึ่งในปี 2559 มีผลผลิต 10.99 ล้านตัน ลดลงจาก 12.04 ล้านตัน จากปี 2558 เนื่องจากประสบภัยแล้งในช่วงปี 2557 ต่อเนื่องถึงต้นปี 2559 มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ ส่งผลให้จำนวนการออกทะลายปาล์มน้ำมันลดลง สำหรับเนื้อที่ให้ผลผลิตและผลผลิตปาล์มน้ำมันในแต่ละภูมิภาค พบว่า ภาคใต้มีเนื้อที่ให้ผลผลิตและผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงสุด รองลงมาคือภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตามลำดับ (ภาพที่ 1) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559)

2.2 การผลิตน้ำมันปาล์ม

ปีเพาะปลูก 2558/59 มีความต้องการใช้น้ำมันปาล์มปริมาณ 60.50 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 58.54 ล้านตัน ของปีเพาะปลูก 2557/58 เนื่องจากความต้องการด้านอาหารและด้านพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น สำหรับการส่งออกน้ำมันปาล์มของโลกในปีเพาะปลูก 2558/59 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออก 44.16 ล้านตัน ลดลงจาก 47.46 ล้านตัน ของปีการเพาะปลูก 2557/58 เนื่องจากอินโดนีเซียและมาเลเซียซึ่งเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกที่สำคัญมีผลผลิตลดลงประกอบกับหันมาใช้น้ำมันปาล์มภายในประเทศเพิ่มขึ้น ประเทศผู้ส่งออกน้ำมันปาล์มที่สำคัญ ได้แก่ อินโดนีเซีย 23.30 ล้านตัน และมาเลเซีย 16.62 ล้านตัน ตามลำดับ ทั้งสองประเทศรวมกันมีสัดส่วนการส่งออกร้อยละ 90.40 ของการส่งออกโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559)



ภาพที่ 1 เนื้อที่ให้ผลผลิตและผลผลิตปาล์มน้ำมันในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ในปี 2559
ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559)

3. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญโตของปาล์มน้ำมัน

3.1 ปัจจัยทางพันธุกรรม

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นผสมข้ามประเภทที่มีช่อดอกตัวผู้และตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกันแต่ช่วงเวลาการออกดอกไม่พร้อมกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* และ *Elaeis odora* (ธีระ และคณะ, 2545)

1. ปาล์มน้ำมันชนิด *E. guineensis* เป็นปาล์มน้ำมันชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าในปัจจุบัน มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในประเทศต่างๆ ในทวีปแอฟริกาบริเวณตอนกลางและตะวันตกของทวีป อาจเรียกปาล์มน้ำมันชนิดนี้ว่า African oil palm ซึ่งคำว่า Elaeis มีความหมายตรงกับคำว่า elaion ซึ่งแปลว่า น้ำมัน ส่วนคำว่า guineensis หมายถึงประเทศ Guinea อยู่ในทวีปแอฟริกาตะวันตก ลักษณะที่เด่นชัดของ *E. guineensis* คือให้ผลผลิตทะลาย เปลือกนอกต่อผล น้ำมันต่อทะลาย และผลผลิตน้ำมันสูง โดยพันธุ์หรือสายพันธุ์ของปาล์มน้ำมันชนิดนี้สามารถจำแนกออกได้ 3 แบบ (Beirnaert and Vanderweyen, 1941) ได้แก่

1.1 แบบดูรา มียีนควบคุมเป็นยีนเด่น (dominant, Sh^+Sh^+) ลักษณะผลมีกะลาหนาประมาณ 2 - 8 มิลลิเมตร มีชั้นเปลือกนอกบางประมาณ 20 - 65 เปอร์เซ็นต์ของผลโดยน้ำหนักและไม่มีวงเส้นประสีน้ำตาลรอบกะลา

1.2 แบบพิสิเฟอรา มียีนควบคุมเป็นยีนด้อย (recessive, Sh^-Sh^-) ลักษณะผลไม่มีกะลาหรือมีกะลาบาง มีชั้นเปลือกนอกหนาประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ของผลโดยน้ำหนักและมีวงเส้นประสีน้ำตาลรอบกะลา มีข้อเสียคือช่อดอกตัวเมียมักเป็นหมัน (abortion) ทำให้ผลฝ่อลีบทะลายเล็กเนื่องจากผลไม่พัฒนา ซึ่งไม่ใช้ปลูกเป็นการค้าแต่ใช้เป็นต้นพันธุ์ในการผลิตลูกผสม

1.3 แบบเทเนอรา เป็นพันธุ์ทาง (heterozygous, Sh^+Sh^-) เกิดจากการผสมข้ามระหว่างลักษณะดูราและพิสิเฟอรา มีกะลาบางตั้งแต่ 0.5 - 4 มิลลิเมตร มีชั้นเปลือกนอกบางประมาณ 75 - 85 เปอร์เซ็นต์ของผลโดยน้ำหนัก มีวงเส้นประสีน้ำตาลรอบกะลา

2. ปาล์มน้ำมันชนิด *E. oleifera* (เดิมคือ *E. melanococca* หรือ *Corozo oleifera*) พันธุ์ปาล์มน้ำมันชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบประเทศต่างๆ ทางภาคเหนือของลุ่มแม่น้ำอะเมซอนของทวีปอเมริกาใต้ยาวติดต่อไปถึงบริเวณประเทศคอสตาริกา ทวีปอเมริกากลาง อาจเรียกปาล์มน้ำมันชนิดนี้ว่า American oil palm ไม่นิยมปลูกเป็นการค้าเนื่องจากมีการเจริญเติบโตช้า ผลมีขนาดเล็กและให้ผลผลิตน้ำมันต่ำกว่าปาล์มน้ำมันชนิด *E. guineensis*

3. ปาล์มน้ำมันชนิด *E. odora* (ชื่อเดิมคือ *Barcella odora*) มีรายงานพบปาล์มน้ำมันชนิดนี้บริเวณเดียวกับ *E. oleifera* คือ แถบลุ่มแม่น้ำอะเมซอน

พันธุ์ของปาล์มน้ำมันมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเป็นอย่างมาก การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันพันธุ์ที่มีลักษณะต่างๆ ไม่ดีจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ เช่น พันธุ์พิสิเฟอรา

เป็นปาล์มน้ำมันที่เมื่อเติบโตเต็มที่แล้ว ช่อดอกตัวเมียมีโอกาสเป็นหมันสูง ผลมีขนาดเล็ก ข้อดีคือมีกะลาบางจึงนิยมใช้เป็นพ่อพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ แต่ให้ผลผลิตต่ำไม่เหมาะสำหรับใช้ปลูกเป็นการค้า ส่วนพันธุ์ดูรามีลักษณะขนาดผลใหญ่ แต่มีข้อเสียคือมีเนื้อปาล์มบาง และน้ำมันน้อย ดังนั้นปาล์มน้ำมันพันธุ์นี้จึงไม่เหมาะสำหรับเพาะปลูกเช่นกัน เรื่องของพันธุ์ที่ใช้ปลูกจึงนับว่าเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะถึงแม้ผู้ปลูกจะพยายามบำรุงรักษาให้ดีเพียงใดแล้วก็ตาม ก็ไม่สามารถทำให้ผลผลิตสูงได้เลย ถ้าหากใช้พันธุ์ปลูกที่ไม่ดีพอ (พรชัย, 2523) ซึ่งพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ใช้ปลูกในปัจจุบัน คือ พันธุ์เทเนอรา เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มีคุณสมบัติและลักษณะต่างๆ ประกอบมากมาย ซึ่งลักษณะของปาล์มน้ำมันพันธุ์ดี ที่ใช้ปลูกควรมีอัตราการผลิตทางใบในรอบปีสูงและมีลำต้นเตี้ย มีผลผลิตน้ำมัน อัตราส่วนจำนวนช่อดอกตัวเมียต่อจำนวนช่อดอกทั้งหมดในรอบปี (sex - ratio) และสัดส่วนผลต่อทะลายสูง มีเนื้อปาล์มหนา เมล็ดในหนา มีกะลาบาง และมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายสูง เป็นต้น นอกจากนี้พันธุ์ต้องปรับตัวได้ดีในหลายสภาพแวดล้อม (ธีระ และคณะ, 2548)

3.2 ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม

ปัจจัยสภาพแวดล้อม สามารถแบ่งได้ เป็น 2 แบบ คือ แบบที่คาดหมายได้ ได้แก่ ปัจจัยบางอย่างที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและอยู่ภายใต้การควบคุมของผู้วิจัย เช่น ชนิดของดิน วันปลูก ระยะปลูก อัตราปลูก ระดับปุ๋ย และวิธีเก็บเกี่ยว เป็นต้น และแบบที่คาดหมายไม่ได้ ได้แก่ ปัจจัยที่เกิดขึ้นอย่างไม่เป็นระบบ และควบคุมได้ยาก เช่น การกระจายของฝน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้น เป็นต้น ดังนั้นปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ควบคุมได้ยากพอจำแนกได้ เป็นปัจจัยสภาพภูมิอากาศ และปัจจัยเกี่ยวกับดิน (ธีระพงศ์, 2553) ดังนี้

1. ปัจจัยสภาพภูมิอากาศ

ปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวของฝน : ความชื้นเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงมากต่อผลผลิตของปาล์มน้ำมัน ปาล์มน้ำมันควรได้รับความชื้นสม่ำเสมอตลอดปี ไม่ว่าจะเป็นความชื้นจากฝน ทะเล หรือการให้น้ำ ปริมาณฝนตกควรอยู่ระหว่าง 1,800 - 3,000 มิลลิเมตรต่อปีขึ้นไป และแต่ละเดือนควรมีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 120 มิลลิเมตรต่อเดือน และต้องไม่มีสภาพแล้งนานเกินกว่า 3 เดือน (เอกชัย, 2548) ดังนั้นปริมาณน้ำฝนจึงมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของปาล์มน้ำมัน ในประเทศมาเลเซียมีการบันทึก สำรวจ และประมาณการเอาไว้ว่าปริมาณฝนที่ตกลงมานั้นจะมีผลกระทบต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันโดยทำให้ผลผลิตแปรปรวนได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามปริมาณของฝนที่ตกลงมาในแต่ละครั้ง พืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศซาอีร์ (Zaire) หรือ สาธารณรัฐประชาธิปไตยคองโกในปัจจุบัน พบว่า ปาล์มน้ำมันสามารถดูดใช้ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาได้เพียง 25 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียไปโดยการชะล้างและซึมลงไปในส่วนชั้นล่างของดิน 24 เปอร์เซ็นต์ และอีก 51 เปอร์เซ็นต์ จะถูกดูดยึดไม่สามารถนำไปใช้

ประโยชน์ได้ (พรชัย, 2523) หากมีการให้น้ำกับปาล์มน้ำมันอายุ 4 - 11 ปี สามารถเพิ่มผลผลิตทะลายสดได้ 41 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นปาล์มที่ไม่ได้ให้น้ำ ส่วนต้นปาล์มน้ำมันอายุ 3 - 9 ปี ที่ให้น้ำจะให้ผลผลิต 3.75 ตันต่อไร่ต่อปี ขณะที่ต้นปาล์มที่ไม่ได้ให้น้ำจะให้ผลผลิตเพียง 3 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้นการปลูกปาล์มน้ำมันในเขตที่มีน้ำน้อยกว่า 200 มิลลิเมตรต่อปี ควรมีการให้น้ำเพิ่มหรือมีการจัดการให้มีความชื้นในสวนปาล์มเพิ่มมากขึ้น (เอกชัย, 2548) Mohd Roslan และ Mohd Haniff (2007) รายงานว่า ปาล์มน้ำมันจะมีความพยายามปรับตัวเพื่ออยู่รอดในสภาพที่แห้งแล้งหรือขาดน้ำ ปาล์มน้ำมันใช้น้ำอย่างประหยัด ขณะเดียวกันสามารถรักษาระดับการสร้างอาหารเอาไว้ได้และมีการให้ผลผลิตอย่างเหมาะสม ดังนั้น ปาล์มน้ำมันจึงมีการนำน้ำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการสังเคราะห์ด้วยแสงและเคลื่อนย้ายอาหารเพื่อนำไปสร้างผลผลิตได้

แสงแดด : เป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันรองจากปริมาณน้ำฝน โดยทั่วไปปาล์มน้ำมันควรได้รับแสงแดดประมาณ 4 - 5 ชั่วโมงต่อวัน Corley และคณะ (1971) รายงานว่า ในช่วงกลางวันปากใบของปาล์มน้ำมันจะปิด เนื่องจากในช่วงกลางวันมีความเข้มแสงสูงและอาจส่งผลต่อศักยภาพของผลผลิตประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ Broekmans (1975) ได้ศึกษาการปลูกปาล์มน้ำมันในสาธารณรัฐประชาธิปไตยคองโก พบว่า แสงแดดที่มีความเข้มสูงมีความสัมพันธ์ต่อการผลิตช่อดอกตัวเมียในรอบปี โดยมีผลทำให้การผลิตช่อดอกตัวเมียในรอบปีเพิ่มขึ้น ปาล์มน้ำมันที่ได้รับแสงไม่เพียงพอมีผลมากต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 2 - 3 ปี ทางใบจะมีลักษณะยืดยาว ทรงพุ่มมีขนาดเล็กคล้ายอาการเป็นโรค Hirsch (1980) รายงานว่า ปาล์มน้ำมันที่มีการเจริญเติบโตภายใต้ร่มเงาหรือมีการบดบังแสงจากต้นอื่นจะทำให้ผลผลิตต่ำกว่าต้นที่ไม่อยู่ภายใต้ร่มเงา

อุณหภูมิ : ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่สามารถปรับตัวเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจิญเติบโตและให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 22 – 33 องศาเซลเซียส อุณภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 20 องศาเซลเซียส ต้นกล้าปาล์มจะเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า และมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเป็น 7 เท่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 25 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส ทำให้ผลปาล์มน้ำมันสุกช้าและมีผลผลิตต่ำ (Henry, 1958) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิจะลดลง 0.6 องสาเซลเซียสต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 100 เมตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Paramananthan (2003) รายงานว่าปาล์มน้ำมันที่ปลูกในเขตพื้นที่สูงมากกว่า 500 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล ของเกาะสุมาตราให้ผลผลิตน้อยกว่าปาล์มที่ปลูกในเขตพื้นที่น้อยกว่า 100 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล และพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลกระทบกับปาล์มน้อยกว่าอุณหภูมิที่ต่ำ อุณหภูมิที่สูงมีผลต่อการคายน้ำและการปากใบปิดของปาล์มทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงได้

ลม : ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ไม่ต้านทานต่อลมแรงเพราะมีทรงพุ่มใหญ่ จึงไม่ควรปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ที่มีลมแรง (เอกชัย, 2548) Paramananthan (2003) รายงานว่า บริเวณหมู่เกาะ Solomon มีต้นปาล์มถูกทำลายมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ จากอิทธิพลของพายุ Namu ในปี ค.ศ. 1985 แต่ถ้าลมพัดอ่อนๆ จะช่วยส่งเสริมให้ การหายใจของปาล์มน้ำมันดีขึ้นและยังช่วยลดความร้อนบริเวณผิวใบได้ ความเร็วลมที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0 - 10 เมตรต่อวินาที

ความชื้นสัมพัทธ์ : มีผลต่อปาล์มน้ำมันโดยตรง ปาล์มน้ำมันชอบอากาศชื้น ควรมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยในรอบปีมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปจึงจะทำให้การเจริญเติบโตดีและสามารถให้ผลผลิตสูง (Goh, 2000) Surre และ Ziller (1963) พบว่าปากใบจะปิดและการสังเคราะห์จะลดลงเมื่อแรงดึงน้ำ (vapor pressure) มากว่า 1.8 กิโลปาสคาล หรือใกล้เคียงกับความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีผลกระทบน้อยเมื่อปาล์มน้ำมันอายุมากขึ้น (Mohd and Haniff, 2007)

2. ปัจจัยสภาพดิน

ปาล์มน้ำมันสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงได้ในดินหลายชนิด แต่ต้องมีเทคนิคการจัดการสวนปาล์มที่เหมาะสมและสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมควรมีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 300 เมตร ความลาดเทของพื้นที่ 1 - 12 เปอร์เซ็นต์ และต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีน้ำท่วมขัง มีการระบายน้ำดีถึงระบายน้ำได้ปานกลาง ถ้าเป็นพื้นที่ต่ำมากก็ต้องยกร่องปลูก การจัดการน้ำและความชื้นในดินที่เหมาะสม การอนุรักษ์อินทรียวัตถุในบริเวณผิวดิน การปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการระบายน้ำและอากาศ (เอกชัย, 2548) ซึ่งคุณสมบัติของดินที่ปลูกมีความสำคัญมาก โดยปกติดินที่เหมาะสม ในการปลูกปาล์มน้ำมันควรเป็นดินร่วนถึงเหนียวที่มีความลึกของชั้นหน้าดินมากกว่า 75 เซนติเมตร ดินที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ ดินลูกรังที่มีเม็ดกรวด และชั้นล่างอาจเป็นแผ่นศิลา มีชั้นของหน้าดินน้อย ซึ่งอาจระบายน้ำได้ยาก สมบัติทางเคมีของดินก็มีความสำคัญต่อการปลูกปาล์มน้ำมัน เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารในดินในปริมาณมาก ดังนั้น จำเป็นที่ต้องให้ปริมาณธาตุอาหารในดิน เพื่อรักษาระดับปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน ซึ่งในดินที่มีปริมาณธาตุอาหารต่ำจำเป็นที่ต้องเพิ่มธาตุอาหาร ในปริมาณที่สูงเพื่อรักษาระดับดังกล่าวไว้ Rankine and Fairhurst (1998) อ้างโดยธีระพงศ์ (2553) ได้เสนอปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน

Chemical properties of soil	Soil Nutrient Content			
	Very Low	Low	Medium	High
pH (1:5, soil:water)	<3.5	4	4.2	5.5
Organic C (%)	<0.8	1.2	1.5	2.5
Total N (%)	<0.08	0.12	0.15	0.25
Total P (mg/kg)	<120	200	250	400
Available P (mg/kg)	<8	15	20	25
Exchangeable K (cmol/kg)	<0.08	0.2	0.25	0.3
Exchangeable Mg (cmol/kg)	<0.08	0.2	0.25	0.3
Available Cu (mg/kg)	<4	<5	5	>6
CEC (cmol/kg)	<6	12	15	18

ที่มา: Rankine and Fairhurt (1998) อ้างโดย ธีระพงศ์ (2553)

4. ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GxE Interaction)

ลักษณะการแสดงออกของพืช สามารถแบ่งตามจำนวนยีนที่ควบคุมได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ลักษณะเชิงคุณภาพ คือ ลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนเพียง 1 - 2 คู่ ลักษณะนี้จะได้รับอิทธิพลของพันธุรรมมากว่าอิทธิของสภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะหนาของกะลา สีผล เป็นต้น

2. ลักษณะเชิงปริมาณ คือ ลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ แต่ละคู่จะมีอิทธิพลต่อการแสดงออกน้อย แต่จะได้รับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมากกว่าอิทธิพลของพันธุรรม เช่น ผลผลิตทะลาย ผลผลิตน้ำมัน เป็นต้น

สำหรับลักษณะเชิงปริมาณจะมีการแสดงออกต่างกัน เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น พันธุ์ A ปลูกในสภาพแวดล้อมที่หนึ่ง ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี แต่เมื่อปลูกในอีกสภาพแวดล้อมหนึ่งกลับให้ผลผลิตไม่ดีเท่าที่ดี เป็นต้น สภาพการณ์นี้เกิดจากมีอิทธพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมาก ถึงแม้พันธุ์ที่ใช้ปลูกจะเป็นพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่ดีแล้วก็ตาม สถาพการณ์ข้างต้นก็ยังเกิดขึ้นหรือแม้กระทั่งพันธุ์ที่เกิดจากการผสมเปิด ที่มีความแตกต่างภายในประชากร ซึ่งช่วยลดปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมลงได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามทั้งพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ผสมเปิดต่างมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวนี้เป็นตัวลดความสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับฟีโนไทป์ นอกจากนี้หากนำผลการทดลองจากสถานที่หนึ่งไปใช้ในอีก

สถานที่หนึ่งก็ทำได้จำกัดลง โดยผลของการเกิดปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ทำให้การประเมินองค์ประกอบของค่าความแปรปรวน (variance) โดยเฉพาะค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมไม่ตรงกับความเป็นจริง เนื่องจากนักปรับปรุงพันธุ์พืชมีความสนใจที่จะหาขนาดของความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่ใกล้เคียงกับความจริง เพื่อใช้ประเมินหาอัตราพันธุกรรมของแต่ละลักษณะ และนำค่าประเมินที่ได้มาทำนายความก้าวหน้าจากการคัดเลือกพันธุ์อีกครั้ง ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมอาจจะทำให้ค่าความแปรปรวนที่ประเมินได้ขาดความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้เพราะความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่ประเมินได้ รวมค่าความแปรปรวนระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมอยู่ด้วย และมักทำให้ค่าประเมินทางพันธุกรรมสูงกว่าความเป็นจริง จึงทำให้การทำนายความก้าวหน้าจากการคัดเลือกขาดความแม่นยำ และมีผลต่อเสถียรภาพของพันธุ์ ทำให้การแสดงออกของพันธุ์หรือจีโนไทป์ในแต่ละสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างกัน ดังนั้น ลักษณะพันธุ์ที่มีเสถียรภาพนั้นต้องมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมต่ำ และลักษณะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักถึงแม้สภาพแวดล้อมแปรเปลี่ยนไป (ไพศาล, 2547 และประวิตร, 2548)

ในอดีตเชื่อว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมในปาล์มน้ำมันไม่ค่อยมีความสำคัญต่อผลผลิตมากนัก Corley และ Tinker (2003) ได้รวบรวมหลายๆ งานทดลองเกี่ยวกับ GxE Interaction บนลักษณะผลผลิตของปาล์มน้ำมัน (ตารางที่ 3 a) และชี้ให้เห็นว่าช่วงแรกของการศึกษาปฏิสัมพันธ์ของพันธุ์และสภาพแวดล้อมไม่ค่อยพบความแตกต่าง แต่นั้นก็มีสาเหตุเนื่องจากพันธุ์ที่ทดสอบมีที่มาหรือต้นกำเนิดและสภาพแวดล้อมที่ใช้เปรียบเทียบคล้ายกัน แต่หลังจากมีการศึกษาในพันธุ์หรือสภาพแวดล้อมที่หลากหลายกว่าเดิม จึงเริ่มพบความสำคัญของปฏิสัมพันธ์ของพันธุ์และสภาพแวดล้อมขึ้น (ตารางที่ 3 b) สอดคล้องกับงานทดลองของ Rafii และคณะ (2001) ซึ่งทำการปลูกทดสอบลูกผสมเทเนอราจำนวน 40 คู่ผสมใน 6 สถานที่ในประเทศมาเลเซีย โดยทั้ง 6 สถานที่มีความแตกต่างกันทางด้านสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินและสภาพแวดล้อมทั่วไป โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน ผลการทดลองพบความแตกต่างของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อมในลักษณะผลผลิตทั้ง ผลผลิตทะลาย จำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเฉลี่ย เช่นเดียวกันกับงานทดลองในประเทศไนจีเรีย Ataga (2010) พบความแตกต่างของ GxE Interaction ในลักษณะผลผลิตของปาล์มน้ำมันลูกผสม (DxT) ลูกผสมมีความแตกต่างกันของแหล่งกำเนิดและสภาพแวดล้อมจากสถานที่ปลูกก็แตกต่างกัน สำหรับประเทศไทย สุดนัย (2556) ศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมและวิเคราะห์ความเสถียรของลูกผสมปาล์มน้ำมันใน 3 สถานที่ทางภาคใต้ของประเทศไทย จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปัจจัยทางพันธุ์ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนปัจจัยของสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลทำให้ลักษณะทางการเกษตรเหล่านี้ของลูกผสมปาล์มน้ำมันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สำหรับปัจจัยของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบนัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของลักษณะผลผลิต จำนวนทะลาย น้ำหนักต่อทะลายและเปอร์เซ็นน้ำมันต่อทะลาย

References	Locations	Significance of interaction			
		FFB	B no.	B wt.	O/B
(a) No significant interaction for yield					
Rajanaidu *et al.* (1986b)	Malaysia x 3	ns	ns	ns	ns
Rajanaidu *et al*. (1986a)	Malaysia x 2	ns	-	-	ns
Chan *et al.* (1986) : trial 1	Malaysia x 2	ns	***	***	-
trial 2	Malaysia x 2	ns	*	*	-
trial 3	Malaysia x 2	ns	ns	ns	-
(b) Significant interaction observed					
Obisesan and Parimoo (1985)	Malaysia x 2	*	*	-	-
Chan *et al.* (1986): trial 4	Malaysia x 2	**	***	***	-
Ong *et al.* (1986)	Malaysia x 4	***	***	***	***
Rajanaidu *et al*. (1992)	Malaysia x 5	*	**	**	-
Rajanaidu *et al*. (1993): trial 1	Malaysia x 6	*	*	*	ns
trial 2	Malaysia x 3	**	*	ns	-
Yong *et al.* (1993)	Malaysia x 5	***	***	***	-
Yong and Chan (1990)	Malaysia x 2	**	ns	**	-
Lee *et al.* (1988)	Malaysia x 2	**	**	**	**
Rafii *et al*. (2001)	Malaysia x 6	**	**	**	-
Ataga (2010)	Nigeria x 2	-	**	**	-
Okoye *et al.* (2011)	Nigeria x 4	***	-	-	-

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ *, **, *** แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ

ที่มา: ดัดแปลงข้อมูลจาก Corley และคณะ (2003)

พันธุ์กับสถานที่มีอิทธิพลทำให้ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย จำนวนทะลาย น้ำหนักต่อทะลาย เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย เมื่อแยกอิทธิพลของพันธุ์ สภาพแวดล้อมและปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมของแต่ละลักษณะ พบว่า ปัจจัยของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลในการเพิ่มและลดค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรมากกว่าปัจจัยทางพันธุ์ และปัจจัยสภาพแวดล้อม

5. เสถียรภาพและการปรับตัวของพืช

เสถียรภาพของพันธุ์ถือเป็นสิ่งสำคัญต่อกระบวนการคัดเลือกพันธุ์พืช ซึ่ง Becker (1981) ได้เสนอแนวคิดของคำว่า เสถียรภาพของพันธุ์ ว่าเป็นพันธุ์ที่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมต่ำและมีความแปรปรวนในสภาพแวดล้อมต่างๆต่ำหรือมีการแสดงออกของลักษณะต่างๆคงที่ และWestcott (1987) เสนอว่า พันธุ์ที่มีเสถียรภาพควรมีค่าเฉลี่ยที่สูงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ควบคู่กับการแสดงออกที่คงที่ในทุกสภาพแวดล้อม ซึ่งการปรับตัวของพืชหรือสิ่งมีชีวิตทั่วไปอาจทำได้โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการต่างๆทางสรีระวิทยาเพื่อการอยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ (Simmonds, 1962) ดังนี้

- การปรับตัวทางพันธุกรรมแบบจำเพาะ (specific genotypic adaptation) คือ การปรับตัวที่ของสายพันธุ์ ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะและจำกัด
- การปรับตัวทางพันธุกรรมแบบทั่วไป (general genotypic adaptation) คือ การปรับตัวของสายพันธุ์ ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่กว้าง
- การปรับตัวของประชากรแบบจำเพาะ (specific population adaptation) คือ การปรับตัวของประชากรที่ประกอบด้วยหลายจีโนไทป์ ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเฉพาะ
- การปรับตัวของประชากรแบบทั่วไป (general population adaptation) คือ การปรับตัวของประชากรที่ประกอบด้วยหลายจีโนไทป์ ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมกว้าง

เป้าหมายของนักปรับปรุงพันธุ์ คือการสร้างพันธุ์ที่มีการปรับตัวได้อย่างกว้างขวาง พันธุ์ดังกล่าวในความหมายของ Frey (1964) คือ พันธุ์ที่สามารถให้ผลผลิตได้สูงอย่างคงตัวเมื่อปลูกในหลายๆ สภาพแวดล้อม ซึ่งอาจเกิดได้จากความสามารถของประชากรแต่ละต้นให้พันธุกรรมที่แตกต่างกันส่งเสริมกันเพื่อปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้น หรือ การปรับตัวของพันธุกรรมจากต้นเพียงเดี่ยวๆ ภายในประชากรเอง

5.1 กรอบแนวคิดของเสถียรภาพพันธุ์

เสถียรภาพพันธุ์พืชสามารถทดสอบได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติวิธีการต่างๆ ซึ่ง Becker และ Leon (1988) ได้จำแนกการเกิดเสถียรภาพของพันธุ์ออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ static และ dynamic ซึ่งเสถียรภาพแบบ static คือพันธุ์พืชที่มีการให้ผลผลิตได้คงตัว

ในทุกๆ สภาพแวดล้อมหรือสภาพแวดล้อมที่ปลูกทดสอบ รูปแบบต่างๆส่งผลกระทบน้อยมากต่อการให้ผลผลิต ส่วนเสถียรภาพพันธุ์แบบ dynamic คือพันธุ์ที่มีค่าการตอบสนองที่ขนานกับเส้นการตอบสนองของทุกพันธุ์ในทุกสภาพแวดล้อม เช่น วิธีการรีเกรสชันของ Finley และ Wilkinson (1963) พันธุ์ที่ได้จากวิธีนี้จะมีค่าการให้ผลผลิตในแต่ละสภาพแวดล้อมที่สามารถทำนายได้ ซึ่งความเสถียรที่ได้ขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในทุกสภาพแวดล้อม หากพบว่าพันธุ์ใดมีค่าที่เบี่ยงเบนออกจากค่าทำนายแสดงถึงความไม่เสถียรของพันธุ์นั้น

5.2 วิธีการประเมินเสถียรภาพพันธุ์พืชและการแปลผล

นักปรับปรุงพันธ์มักพบปัญหาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GxE Interaction) ในงานทดลองทำให้ต้องหาวิธีช่วยในการคัดเลือกพันธุ์ที่ดีออกมา ซึ่งจุดเริ่มต้นของการพัฒนาสูตรทางคณิตศาสตร์เพื่อแยกและอธิบายความซับซ้อนของ GxE Interaction แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกันไป Lin และคณะ (1986) ได้แยกวิธีการประเมินเสถียรภาพพันธุ์ออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ (ตารางที่ 4) ผลลัพธ์ที่ได้จากสูตรคำนวณและการแปลผลที่แตกต่างกันทำให้ทั้ง 9 สูตรถูกแยกออกเป็น 4 กลุ่ม โดยกลุ่ม A และ B เป็นการวิเคราะห์ถึงขนาดผลรวมกำลังสองของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสิ่งแวดล้อม (SS of GxE Interaction) ที่มีผลต่อพันธุ์พืชที่ทดสอบ ส่วนกลุ่ม C เป็นการวิเคราะห์รีเกรสชันของพันธุ์บนดัชนีสภาพแวดล้อม และกลุ่มสุดท้าย กลุ่ม D เป็นการวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนจากเส้นรีเกรสชัน เนื่องจากวิธีการคำนวณแต่ละวิธีข้างต้นแตกต่างกัน การแปลผลหาพันธุ์ที่เสถียรจึงแตกต่างกันไปด้วย ได้แบ่งชนิดของพันธุ์ที่เสถียรออกเป็น 3 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 พันธุ์ที่เสถียรจะต้องมีค่าความแปรปรวนน้อยที่สุดจากหลายสภาพแวดล้อมที่ทดสอบ ซึ่งเป็นเสถียรภาพพันธุ์ในรูปแบบ static หรือ biological concept พันธุ์ที่เสถียรรูปแบบนี้จะไม่มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป พารามิเตอร์หรือวิธีการที่ใช้อธิบายเสถียรภาพชนิดนี้ก็คือวิธีในกลุ่ม A ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ที่เสนอโดย Francis และ Kannenberg (1978)

ประเภทที่ 2 พันธุ์ที่เสถียรจะต้องมีการตอบสนองของเส้นรีเกรสชันที่ขนานกับการตอบสนองเฉลี่ยของทุกพันธุ์ พันธุ์ที่เสถียรในรูปแบบนี้เป็นแบบdynamic หรือ agronomic concept ซึ่งความเสถียรที่ได้จะขึ้นอยู่กับกลุ่มพันธุ์ที่ทดสอบด้วยกัน ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนกลุ่มพันธุ์พืชที่ทดสอบไป เสถียรภาพอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ ตัวอย่างพารามิเตอร์หรือวิธีการที่ใช้อธิบายเสถียรภาพชนิดนี้ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น (b_i) ที่เสนอโดย Finley และ Wilinson (1963)

ประเภทที่ 3 พันธุ์ที่เสถียรจะต้องมีค่าเบี่ยงเบนจากเส้นรีเกรสชันขนาดเล็ก พันธุ์ที่เสถียรชนิดนี้ควรเป็นพันธุ์ที่สามารถทำนายผลผลิตได้อย่างแม่นยำจากเส้นรีเกรสชันที่คำนวณขึ้นมา ความเสถียรชนิดนี้ยังคงถูกจัดอยู่ในแบบ dynamic ตามความหมายของ Becker และ Leon

(1988) ส่วนพารามิเตอร์หรือวิธีที่ใช้อธิบายเสถียรภาพพันธุ์ชนิดนี้ได้แก่ ค่า S^2_{di} จากวิธีการของ Eberhart และ Russell (1966)

การใช้ประโยชน์จากเสถียรภาพของพันธุ์ที่ได้จากการคำนวณวิธีการต่างๆข้างต้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของนักปรับปรุงพันธุ์ว่าต้องการพันธุ์ในรูปแบบใด พันธุ์ที่เสถียรในรูปแบบ static มักนำมาใช้กับลักษณะคุณภาพ ส่วนลักษณะที่ซับซ้อนและมีสภาพแวดล้อมมาเกี่ยวข้องอย่างมาก เช่น ผลผลิต นักปรับปรุงพันธุ์มักต้องการเสถียรภาพพันธุ์ในแบบ dynamic มากกว่า

ตารางที่ 4 รวมสูตรทางคณิตศาสตร์ 9 ชนิดที่ใช้ประเมินเสถียรภาพพันธุ์พืช

Group	Type	Equation	Authors or users
A	1	$S_i^2 = \sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.})^2/(q-1)$	
	1	$CV_i = S_i/\bar{X}_{i.} \times 100$	Francis and Kannenbert (1978)
B	2	$\theta_i = \frac{p}{2(p-1)(q-1)} \sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})^2 + \frac{SS(GE)\dagger}{2(p-1)(q-1)}$	Plaisted and Peterson (1959)
	2	$\theta_{(i)} = \frac{-p}{(p-1)(p-2)(q-1)} \sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})^2 + \frac{SS(GE)}{(p-2)(q-1)}$	Plaisted (1960)
	2	$W_i^2 = \sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})^2$	Wricke (1962)
	2	$\sigma_i^2 = \frac{p}{(p-2)(q-1)} \sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})^2 - \frac{SS(GE)}{(p-1)(p-2)(q-1)}$	Shukla (1972a)
C	2	$b_i = \sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.})(\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..}) / \sum_{j=1}^{q} (\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..})^2$	Finlay and Wilkinson (19563
	2	$\beta_i = \sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})(\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..}) / \sum_{j=1}^{q} (\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..})^2$	Perkins and Jinks (1968)
D	3	$\delta_i^2 = \frac{1}{(q-2)} [\sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.})^2 - \beta_i^2 \sum_{j=1}^{q} (\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..})^2]$	Eberhart and Russell (1966)
		$\delta_i^2 = \frac{1}{(q-2)} [\sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})^2 - \beta_i^2 \sum_{j=1}^{q} (\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..})^2]$	Perkins and Jinks (1968)

$\dagger SS(GE) = \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{q} (X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})^2$

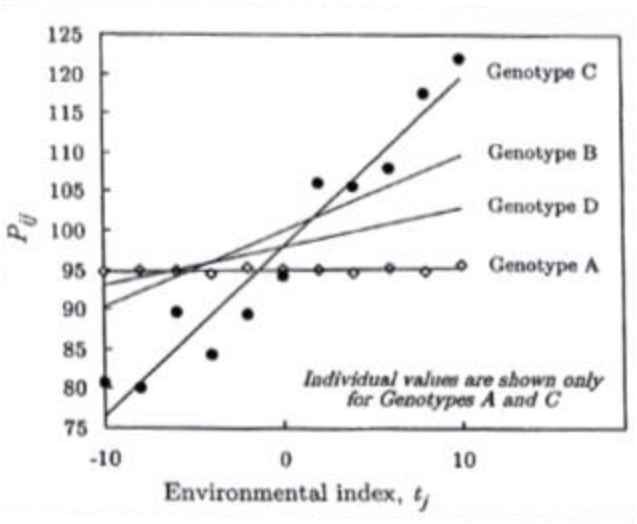
หมายเหตุ : p และ q = จำนวนพันธุ์และสภาพแวดล้อม ตามลำดับ

ที่มา: Lin และคณะ (1986)

การประเมินเสถียรภาพพันธุ์พืชด้วยวิธีรีเกรสชัน

พันธุ์พืชที่มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมอย่างแตกต่างกัน ส่งผลให้ลำดับการให้ผลผลิตแต่ละพันธุ์นั้นเปลี่ยนไปในแต่ละแปลงทดลองหรือเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม การประเมินเสถียรภาพพันธุ์พืชจึงมีความจำเป็นต่อนักปรับปรุงพันธุ์เพื่อที่จะสามารถใช้ทำนายศักยภาพพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อมได้ วิธีการประเมินเสถียรภาพในพืชดังที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมามีการพัฒนาออกมามากมายหลายวิธี และที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ วิธีรีเกรสชัน ซึ่งเป็นการอธิบายถึงองค์ประกอบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม โดยกำหนดให้

สภาพแวดล้อมเป็นตัวแปรอิสระ การตอบสนองของแต่ละพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมจะถูกวัดออกมาในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b_i) (Yates and Cochran, 1938) และพัฒนาต่อมาโดย Finley และ Wilkinson (1963) ซึ่งได้เสนอให้ใช้สัมประสิทธิ์รีเกรสชัน ของค่าเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อม บนดัชนีสภาพแวดล้อม (environmental index) เป็นตัววัดเสถียรภาพพันธุ์ ได้กำหนดให้พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมจากทุกพันธุ์และมีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน เท่ากับ 0 ($b_i = 0$) เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพ จากนั้น Eberhart และ Russell (1966) ได้เพิ่มพารามิเตอร์ S^2_{di} เข้าไปในการช่วยอธิบายเสถียรภาพ และเสนอว่าพันธุ์ที่เสถียร คือพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 1 ($b_i = 1$) และมีค่า S^2_{di} น้อยที่สุด ซึ่งค่า S^2_{di} เป็นตัวบอกเสถียรภาพการให้ผลผลิตในพืช ส่วนค่า b_i เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการปรับตัว โดยพิจารณารูปแบบการปรับตัวและเสถียรภาพพันธุ์ได้จากภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การตอบสนองของพันธุ์ในรูปแบบของค่า (b_i) และ (s^2_{di}) จากวิธีรีเกรสชัน

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นการตอบสนองของค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันจาก 4 พันธุ์ ที่มีค่าแตกต่างกัน พันธุ์ A มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 0 แสดงถึงการปรับตัวได้อย่างคงตัวไม่ว่าสภาพแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร พันธุ์ B มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันเท่ากับ 1 แสดงถึงการปรับตัวได้ดีในทุกสภาพแวดล้อม ส่วนพันธุ์ C และ D มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันมากกว่า 1 และน้อยกว่า 1 แสดงว่าปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่ดีและเลว ตามลำดับ 2 พันธุ์หลังนี้เมื่อนำไปปลูกในสภาพแวดล้อมที่ตรงกันข้าม เช่น นำพันธุ์ C ไปปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี จะให้ผลผลิตที่ต่ำหรือแย่กว่าผลผลิตเฉลี่ยรวมจากทุกพันธุ์

อย่างไรก็ตามการประเมินเสถียรภาพพันธุ์พืชด้วยวิธีรีเกรสชัน มีข้อด้อย คือ การอธิบายรูปแบบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมทำได้ไม่ชัดเจน ไม่มีความ

อิสระต่อกัน (Gauch, 1992) และอธิบายผลรวมกำลังสองของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมได้น้อย ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่พบได้ในหลายงานทดลอง (De Vita *et al.*, 2010) นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อพันธุ์ที่ทดสอบไม่มีการตอบสนองแบบเส้นตรง ก็ไม่สามารถทำนายพันธุ์ดังกล่าวได้ (Nachit *et al.,* 1992)

การประเมินเสถียรภาพพันธุ์พืชด้วยวิธีการวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาแบบผลคูณ (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction; AMMI)

วิธีการ AMMI เป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพพันธุ์แบบ multivariate ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันเพื่อประเมินเสถียรภาพพันธุ์และสามารถทำนายผลผลิตได้อย่างแม่นยำ วิธีการนี้เป็นการรวมการวิเคราะห์แบบผลรวมและแบบผลคูณไว้ในโมเดลเดียวกัน ทำให้สามารถอธิบายอิทธิพลหลัก คือ พันธุ์และสภาพแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์ GxE interaction ได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการ AMMI สามารถอธิบายความซับซ้อนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมได้อย่างครอบคลุม เนื่องจากใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ (Principal component analysis; PCA) ในการวิเคราะห์แบบผลคูณ (ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม) จึงทำให้สามารถอธิบายอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมและสามารถแบ่งสัดส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าวิธีรีเกรสชัน นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้อธิบายในรูปแบบของ biplot ซึ่งเป็นแผนภาพเข้าใจได้ง่าย โดยแผนภาพแรกเป็นการอธิบายโดยใช้ค่าเฉลี่ยพล็อตร่วมกับค่า PCA1 ส่วนแผนภาพสองเป็นการอธิบายโดยใช้ค่า PCA1 พล็อตร่วมกับค่า PCA2 พันธุ์ที่มีเสถียรภาพ คือ พันธุ์ที่มีค่า PCA เข้าใกล้ 0 มากที่สุด

5.3 การศึกษาเสถียรภาพของพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นเมื่อปลูกลงแปลงแล้วสามารถให้ผลผลิตได้ยาวนาน แต่ก็มีข้อเสียหรือความเสี่ยงที่ต้องปลูกลงแปลงอย่างน้อย 3 ปีจึงเริ่มให้ผลผลิตหรือผลตอบแทน ดังนั้นการปลูกปาล์มในแต่ละครั้ง เกษตรกรจึงต้องเลือกพันธุ์ปาล์มที่ให้ผลผลิตสูง เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ดินที่จะปลูกและต้องปรับตัวได้ดี จึงทำให้การลงทุนมีความคุ้มทุน นักปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่จะส่งเสริมพันธุ์ใหม่จึงจำเป็นต้องทดสอบศักยภาพของพันธุ์ในหลายๆ ท้องที่ รวมถึงในหลายๆ ปี เพื่อประเมินถึงศักยภาพของพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มั่นใจก่อนปล่อยพันธุ์นั้นออกเผยแพร่ให้เกษตรกรปลูก การศึกษาเสถียรภาพของพันธุ์ปาล์มน้ำมันจึงทำกันอย่างแพร่หลายในหลายๆ ประเทศโดยวิธีการหรือพารามิเตอร์ประเมินเสถียรภาพที่ใช้ก็แตกต่างกันไป เช่น Rafii และ คณะ (2001) ศึกษาเสถียรภาพของลูกผสมจำนวน 40 พันธุ์ ใน 6 สถานที่ มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกันในประเทศมาเลเซีย โดยใช้พารามิเตอร์ประเมินเสถียรภาพหลายๆ วิธีร่วมกันเพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตได้คงตัวและสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ จากการทดสอบพบว่า พันธุ์ที่มีเสถียรภาพมากที่สุด คือพันธุ์ DP8 และ DP21

Ataka (2010) ศึกษาเสถียรภาพของพันธุ์ปาล์มน้ำมัน 20 พันธุ์ ปลูกทดสอบ 2 สถานที่ ที่มีความแตกต่างกันของสภาพแวดล้อมและคัดเลือกพันธุ์ที่มีเสถียรภาพมากที่สุด โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มพันธุกรรม (genotype - grouping technique) ที่เสนอโดย Francis และ Kannenberg (1978) ซึ่งอาศัยพารามิเตอร์เพื่อบ่งบอกเสถียรภาพ 2 พารามิเตอร์ คือ ค่าเฉลี่ยผลผลิต และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ของแต่ละพันธุ์มาจัดกลุ่มเป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงและมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำ
กลุ่มที่ 2 พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงและมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูง
กลุ่มที่ 3 พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่ำและมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำ
กลุ่มที่ 4 พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่ำและมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูง

นอกจากนี้ Okoye และคณะ (2011) ได้ทำการประเมินเสถียรภาพพันธุ์ของปาล์มน้ำมัน 15 พันธุ์ ทดสอบใน 4 สภาพแวดล้อม (ปี) ในประเทศไนจีเรียโดยใช้การวิเคราะห์เสถียรภาพ 5 วิธีร่วมกัน ทั้ง แบบ univariate และ multivariate สามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีเสถียรภาพพันธุ์ที่ดี ได้แก่พันธุ์ DT7 และ DT11 ขณะที่ Krualee และคณะ (2012) ศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม และการวิเคราะห์ความเสถียรของลูกผสมปาล์มน้ำมันใน 3 สถานที่ทางภาคใต้ของไทย ลูกผสมปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปี จำนวน 7 คู่ผสม จากบริษัทเปารงค์ออยล์ ปาล์ม โดยประเมินความเสถียรของพันธุ์โดยวิธีวิเคราะห์อิทธิพลหลักแบบผลบวกและปฏิกิริยาสัมพันธ์แบบผลคูณ (AMMI) พบว่า ผลผลิตทะลายของพันธุ์ต่างๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมีอิทธิพลทำให้ผลผลิตทะลายมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สำหรับปัจจัยของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิต มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การวิเคราะห์ biplot พบว่า บริเวณอำเภอเหนือคลอง ร่อนพิบูลย์ และชะอวด ลูกผสมเบอร์ 514 512 และ 501 มีผลผลิตทะลายสูงสุดในแต่ละอำเภอ ตามลำดับ ในขณะที่ลูกผสมเบอร์ 523 มีเสถียรภาพของผลผลิตทะลายมากที่สุด

การประเมินเสถียรภาพในปาล์มน้ำมันนอกจากจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตได้คงที่ในหลายๆ สภาพแวดล้อมแล้ว ยังสามารถใช้ประโยชน์จากการคัดเลือกพันธุ์ที่เฉพาะเจาะจงต่อพื้นที่ในการส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่นั้นปลูกต่อไป และยังสามารถนำพันธุ์ที่ได้มารวบรวมเป็นแหล่งเชื้อพันธุกรรมที่ปลูกได้กว้างขวางเพื่อใช้ในการปรับปรุงประชากรในรอบใหม่ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมปาล์มน้ำมันพันธุ์ ม.อ.

2. ประเมินเสถียรภาพของลูกผสมปาล์มน้ำมันพันธุ์ ม.อ. ในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อพื้นที่แบบแบบทั่วไปและเฉพาะเจาะจง

บทที่ 2
วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (แปลงทดลอง) และการวิเคราะห์เสถียรภาพของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบทะลาย ผลผลิตน้ำมัน และการเจริญเติบโต ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม อายุประมาณ 4 ปี จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ปลูกทดลองใน 3 สถานที่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งเป็นแปลงปาล์มน้ำมันของเกษตรกร เริ่มศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 - ธันวาคม 2557 (ภาพที่ 3)

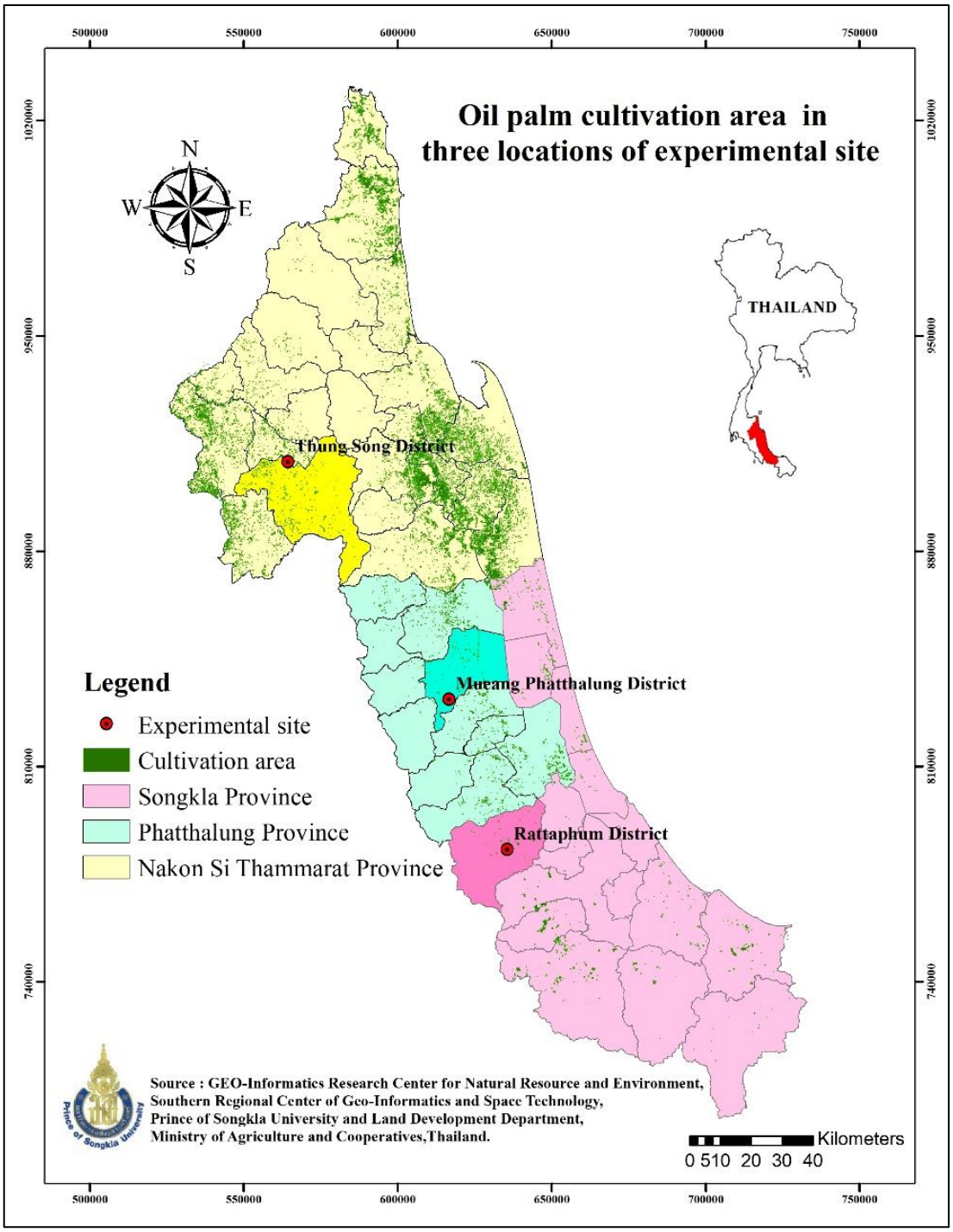
วิธีดำเนินการ

1. ที่ตั้งและสภาพทั่วไปของพื้นที่แปลงทดลอง

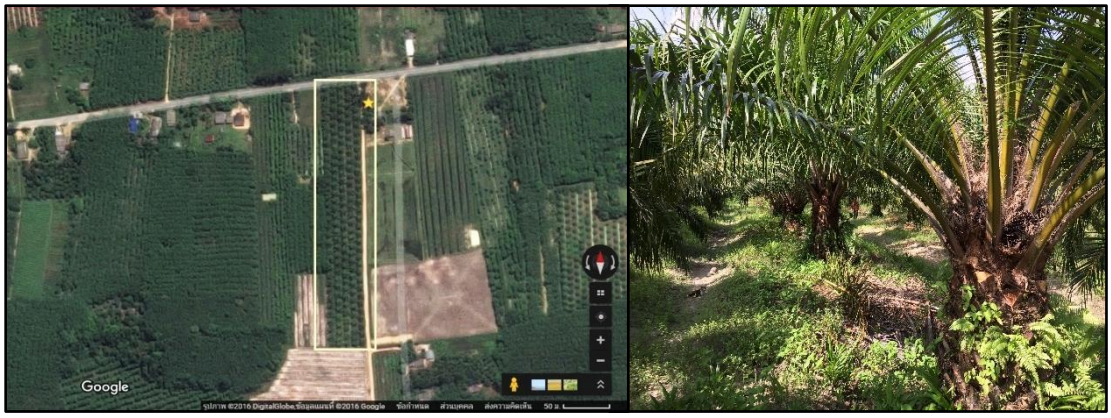
แปลงทดลองที่ 1 (SKA) : แปลงปาล์มน้ำมันของเกษตรกรคุณนิพัทธ์ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา ละติจูด 7°04′47.9″ เหนือ กับลองจิจูด 100°13′39.7″ตะวันออก ระดับความสูง 38.53 เมตรเหนือน้ำทะเล อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 17 ชุดดินวิสัย (Visai series: Vi) การระบายน้ำเลว การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า การซึมผ่านได้ของน้ำเร็วถึงปานกลาง สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0 - 2 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป) ขนาดพื้นที่โดยประมาณ 8 ไร่ มีจำนวนต้นปาล์มทั้งหมด 175 ต้น พื้นที่ข้างเคียงเป็นแปลงปาล์ม ยางพารา และนาข้าว (ภาพที่ 4)

แปลงทดลองที่ 2 (PLG) : แปลงปาล์มน้ำมันของเกษตรกรคุณยุทธ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง ละติจูด 7°31′20″ เหนือ กับลองติจูด 100°3′28″ตะวันออก ระดับความสูง 15.94 เมตรเหนือน้ำทะเล อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 6 ชุดดินพัทลุง (Phattalung series: Ptl) การระบายน้ำเลวการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า การซึมผ่านได้ของน้ำช้า สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0 - 2 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป) ขนาดพื้นที่โดยประมาณ 15 ไร่ มีจำนวนต้นปาล์มทั้งหมด 330 ต้น พื้นที่ข้างเคียงเป็นแปลงปาล์ม ยางพารา และนาร้าง (ภาพที่ 5)

แปลงทดลองที่ 3 (NRT) : แปลงปาล์มน้ำมันของเกษตรกรคุณแดง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ละติจูด 8°31′17″ เหนือ กับลองติจูด 99°35′5″ตะวันออก ระดับความสูง 45.85 เมตรเหนือน้ำทะเล อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 34 ชุดดินคลองนกกระทุง (Khlong Nok Krathung series: Knk) การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว การซึมผ่านได้ของน้ำเร็ว สภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2 - 12 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป) ขนาดพื้นที่โดยประมาณ 14 ไร่ มีจำนวนต้นปาล์มทั้งหมด 315 ต้น พื้นที่ข้างเคียงเป็นแปลงปาล์ม ยางพารา ไม้ผล และนาร้าง (ภาพที่ 6)

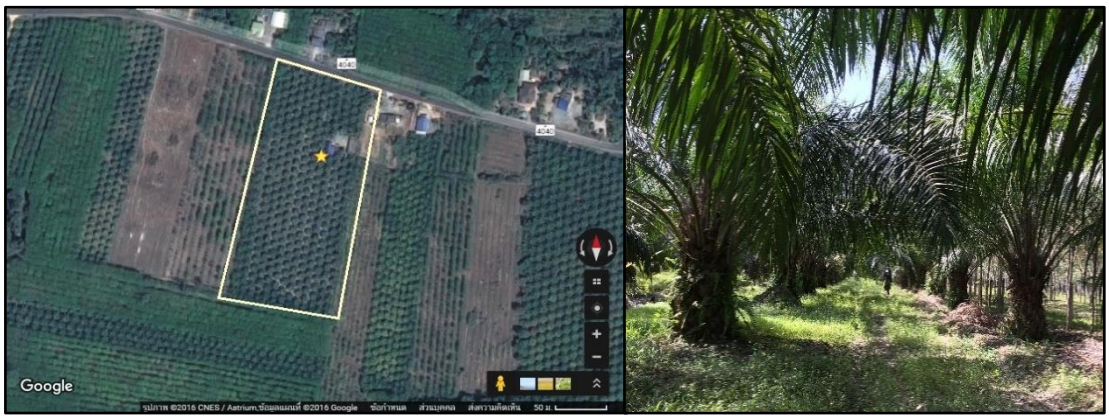


ภาพที่ 3 แผนที่แสดงที่ตั้งของแปลงทดลอง



ภาพที่ 4 ภาพถ่ายดาวเทียมและสภาพทั่วไปของแปลงทดลองที่ 1 อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา
ที่มา: https://www.google.co.th/maps/place/7°04'47.9"N+100°13'39.7"E/@7.6516804,99.345682,9z/

ภาพที่ 5 ภาพถ่ายดาวเทียมและสภาพทั่วไปของแปลงทดลองที่ 2 อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง
ที่มา: https://www.google.co.th/maps/place/7°31'20.0"N+100°03'28.0"E/@7.6516804,99.345682,9z/



ภาพที่ 6 ภาพถ่ายดาวเทียมและสภาพทั่วไปของแปลงทดลองที่ 3 อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่มา: https://www.google.co.th/maps/place/8°13'17.0"N+99°35'05.0"E/@7.6516804,99.345682,9z/

2. การบันทึกข้อมูล

2.1 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดิน

เก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงทดลอง ที่ระดับความลึก 0 - 30 เซนติเมตร (ภาพที่ 7) เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) และธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (P) และฟอสฟอรัส (K) วิเคราะห์ตัวอย่างดินโดยศูนย์ปฏิบัติกลางวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ

ภาพที่ 7 วิธีการเจาะเก็บตัวอย่างดินด้วยออเกอร์ที่ระดับความลึก 0 - 30 เซนติเมตร

2.2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

รวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของแต่ละแปลงทดลองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2557 เช่น ปริมาณน้ำฝน การกระจายตัวของฝน อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิสูงสุด และความชื้นสัมพัทธ์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)

2.3 ข้อมูลการเจริญเติบโต

เก็บบันทึกข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโตทั้งหมดทุกๆ 3 เดือน ได้แก่

ลักษณะทางใบ บันทึกลักษณะต่างๆ ของทางใบที่ 17 ได้แก่

1. ความยาวแกนกลางใบ (เซนติเมตร) (rachis length; RL) เริ่มวัดจากจุดกำเนิดใบย่อยล่างสุดไปจนถึงจุดกำเนิดใบย่อยปลายทางใบ (ภาพที่ 8 ก)

2. ความยาวใบย่อย (เซนติเมตร) (leaflet length; LL) และความกว้างใบย่อย (เซนติเมตร) (leaflet width; LW) โดยวัดจากใบย่อยที่เก็บตัวอย่างบริเวณส่วนกลางใบข้างละ 3 ใบ (ภาพที่ 8 ข และ ค)

3. จำนวนใบย่อย (จำนวนต่อใบ) (leaflet number; LN) นับจำนวนใบย่อยรวมทั้ง 2 ข้างของใบ (ภาพที่ 8 ง)

4. ความกว้างของโคนก้านใบ (เซนติเมตร) (petiole width; PW) และความลึกของโคนก้านใบ (เซนติเมตร) (petiole depth, PD) โดยวัดบริเวณจุดเริ่มต้นส่วนของโคนใบ (ภาพที่ 8 จ และ ฉ)

5. จำนวนใบที่สร้างใหม่ในรอบปี (จำนวนต่อใบต่อปี) (foliar increment; FL) เป็นการหาทางใบที่พัฒนาเกิดขึ้นในรอบ 1 ปี โดยทำเครื่องหมายที่ทางใบที่ 17 เมื่อครบระยะเวลา 1 ปี ทำการนับทางใบตั้งแต่ทางใบที่ทำเครื่องหมายจนถึงทางใบที่ 17 ล่าสุด

6. น้ำหนักแห้งทางใบ (กก) (leaf dry weight; LDW)

7. พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร^{2}ต่อใบ) (leaf area; LA)

ลักษณะลำต้น บันทึกลักษณะต่างๆ ของลำต้น ได้แก่

1. ความสูงลำต้น (เมตร) (height; H) ทำการวัดควาเมตรสูงจากพื้นดินจนถึงทางใบที่ 1 ในรอบ 1 ปี (ภาพที่ 8 ช)

2. ความสูงลำต้นที่เพิ่มขึ้นในรอบปี (เซนติเมตรต่อปี) (height increment; HI) ทำการวัดความสูงจากพื้นดินจนถึงทางใบที่ 17 ในครั้งแรกและวัดทุกครั้งเมื่อถึงรอบเก็บข้อมูล(ภาพที่ 8 ช)

3. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) (ภาพที่ 8 ซ)

ภาพที่ 8 วิธีการเก็บข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต; ลักษณะทางใบ (ก - ฉ) และลักษณะลำต้น (ช และ ซ)

2.3 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบทะลาย

ลักษณะผลผลิตทะลาย ทำการเก็บทะลายปาล์มน้ำมันที่สุกแก่เต็มที่ บันทึกผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ผลผลิตทะลาย จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 2 ปี (เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 - ธันวาคม พ.ศ. 2557)

ลักษณะองค์ประกอบทะลายและการวิเคราะห์น้ำมัน

1. ชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 9 ก และ ข)

2. สับแยกก้านผลย่อยออกจากแกนทะลาย ชั่งน้ำหนักแกนทะลายสด (ภาพที่ 9 ค)

3. สุ่ม 10 แขนง แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง สังเกตการหลุดร่วงของผลจากแขนง 2 - 3 วัน เมื่อผลหลุดออกดีแล้ว ทำการแยกผลปาล์มน้ำมันออกจากก้านย่อย แยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลดี และผลลีบ ชั่งน้ำหนักทั้ง 2 ส่วน สับแยกก้านผลย่อยออกจากแกนทะลาย ชั่งน้ำหนักแกนทะลายสด (ภาพที่ 9 ง - ฉ)

4. สุ่มผลปาล์มน้ำมันจำนวน 10 ผล ชั่งน้ำหนักผลสด แยกส่วนของเนื้อปาล์ม กะลา และเมล็ดใน ชั่งน้ำหนักทั้ง 3 ส่วน หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำมาชั่งน้ำหนัก เพื่อหาน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 9 ช)

5. นำส่วนของเนื้อปาล์มแห้งไปบดให้ละเอียด แล้วบรรจุกระดาษทิชชูปิดผนึกให้เรียบร้อย ชั่งน้ำหนัก นำมาแช่ในน้ำมันเบนซิน โดยต้องเปลี่ยนน้ำมันเบนซินใหม่ทุกวัน นานติดต่อกัน 5 วัน (ภาพที่ 9 ซ และ ฌ)

6. เมื่อครบ 5 วันนำกระดาษทิชชูมาผึ่งในที่ร่มให้แห้ง ชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักเส้นใยแห้ง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง นำข้อมูลที่บันทึกมาเพื่อวิเคราะห์ทะลายด้วยวิธี Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR) (Blaak *et al.*, 1963) ดังนี้

น้ำหนักผลเฉลี่ย (Average fruit weight, AFW) $= \frac{\text{น้ำหนักผล (ตัวอย่างที่สุ่ม)}}{\text{จำนวนผล (ตัวอย่างที่สุ่ม)}}$

น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย (Average kernel weight, AKW) $= \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดใน (ตัวอย่างที่สุ่ม)}}{\text{จำนวนผล (ตัวอย่างที่สุ่ม)}}$

ผล/ทะลาย (fruit/bunch, %F/B) $= \frac{(\text{น้ำหนักทะลาย} - \text{น้ำหนักแกนทะลาย}) \times \text{น้ำหนักผลดี (ตัวอย่างที่สุ่ม)}}{\text{น้ำหนักทะลาย}} \times 100$ น้ำหนักผลปาล์มที่ติดก้านผลย่อย

เมล็ดในต่อทะลาย (kernel/bunch, %K/B) $= \frac{\%\ \text{เมล็ดใน/ผล} \times \%\ \text{ผล/ทะลาย}}{100}$

เนื้อปาล์มสดต่อผล = $\frac{\text{น้ำหนักผล – น้ำหนักเมล็ด}}{\text{น้ำหนักผล}} \times 100$
(wet mesocarp/fruit, %WM/F)

กะลาต่อผล = $\frac{\text{น้ำหนักเมล็ด – น้ำหนักเมล็ดใน}}{\text{น้ำหนักผล}} \times 100$
(shell/fruit, %S/F)

เมล็ดในต่อผล = $\frac{\text{น้ำหนักเมล็ดใน}}{\text{น้ำหนักผล}} \times 100$
(kernel/fruit, %K/F)

น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด = $\frac{\text{น้ำหนักเนื้อปาล์มแห้ง – น้ำหนักเส้นใยแห้งหลังจากแช่น้ำมัน}}{\text{น้ำหนักเนื้อปาล์มสด}} \times 100$
(oil/wet mesocarp, %O/WM)

น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง = $\frac{\text{น้ำหนักเนื้อปาล์มแห้ง – น้ำหนักเส้นใยแห้งหลังจากแช่น้ำมัน}}{\text{น้ำหนักเนื้อปาล์มแห้ง}} \times 100$
(oil/dry mesocarp, %O/DM)

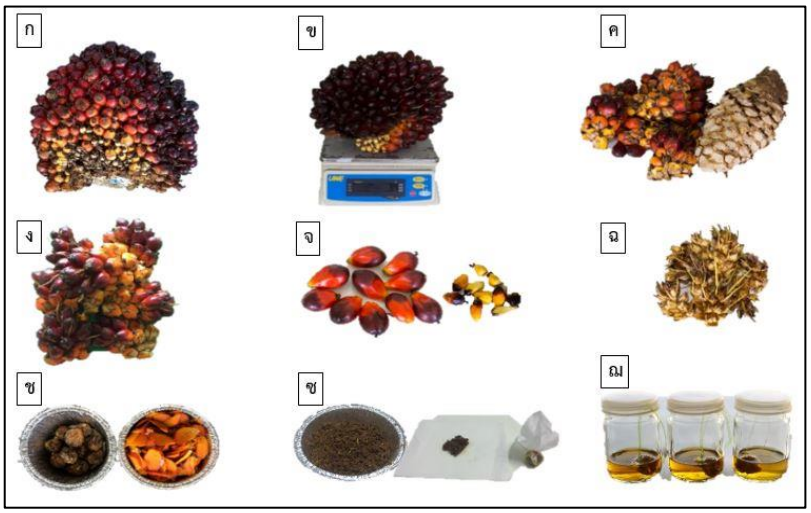
น้ำมันต่อผล = $\frac{\text{\% น้ำมัน/เนื้อปาล์มสด x \% เนื้อปาล์มสด/ผล}}{100}$
(oil/fruit, %O/F)

น้ำมันต่อทะลาย = $\frac{\text{\% น้ำมัน/ผล x \% ผล/ทะลาย}}{100}$
(oil/bunch, %O/B)

2.4 ลักษณะผลผลิตน้ำมันปาล์ม

นำข้อมูลผลผลิตทะลายและองค์ประกอบทะลายมาคำนวณเพื่อทราบผลผลิตน้ำมัน (กิโลกรัม/ต้น/ปี) ดังนี้

ผลผลิตน้ำมัน = $\frac{\text{ผลผลิตทะลายสด x \% น้ำมัน/ทะลาย}}{100}$
(oil yield, kg/palm/year)



ภาพที่ 9 กระบวนการวิเคราะห์ลักษณะองค์ประกอบทะลายและผลผลิตน้ำมัน

3. การวางแผนการทดลอง

ในแต่ละแปลงทดลอง (สถานที่) ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ซึ่งทำการสุ่มปาล์มน้ำมันจำนวน 5 ต้น (ซ้ำ) ต่อทรีตเมนต์ต่อพื้นที่ปลูก หากลักษณะใดพบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองให้นำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's multiple range test (DMRT) และนำการทดลองทั้งสามสถานที่มาวิเคราะห์ผลรวม (Combined analysis)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

4.1 วิเคราะห์ความแปรปรวน

นำข้อมูลของลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบทะลายและน้ำมัน ที่บันทึกได้แต่ละแปลงทดลอง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ CRD โดยมีตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังตารางที่ 5 (วัชรินทร์, 2545) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ CRD คือ

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

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตแต่ละค่าที่ได้จากทรีตเมนต์ i และซ้ำ j

μ = ค่าเฉลี่ยของต้นปาล์มทั้งหมด

G_i = อิทธิพลของพันธุ์ i

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตจากพันธุ์ i ซ้ำ j

i = 1,...,g (g = จำนวนพันธุ์)

j = 1,...,n (n = จำนวนซ้ำ)

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าคาดหมายกำลังสองเฉลี่ยของแผน CRD

Sources of variation	df	MS	EMS
Genotypes	g - 1	M1	$\sigma^2 + n\sigma^2_g$
Error	g(n - 1)	M2	σ^2
Total	vn-1		

เมื่อ σ^2 = ความแปรปรวนเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

σ^2_g = (M1 – M2)/n = ความแปรปรวนเนื่องมาจากความแตกต่างของพันธุ์

4.2 การทดสอบเอกภาพของความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน มีข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ คือ ความคลาดเคลื่อนของแต่ละการทดลองต้องมีเอกภาพหรือเท่าเทียมกันในทางสถิติ ซึ่งเป็นการทดสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error mean square) ของแปลงทดลอง ว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ หากพบว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากัน สามารถดำเนินการวิเคราะห์การทดลอง แปลงทดลองร่วมกันได้ แต่หากความแปรปรวนไม่เท่ากัน ก็ไม่ควรนำการทดลองวิเคราะห์รวมกัน เพราะอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดสอบนัยสำคัญ (พีระศักดิ์ และประเสริฐ, 2548) ทดสอบค่า Homogeneity ของ error variance โดยวิธีของ Bartlett (1943) อ้างโดย ไพศาล (2547)

$$\chi^2 = M / C$$

เมื่อ $$M = 2.3026\left[\left(\sum v_i\right)\log S_p^2 - \sum v_i \log S_i^2\right]$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(k-1)}\left[\sum \frac{1}{v_i} - \frac{1}{\sum v_i}\right]$$

เมื่อ V_i = degree of freedom

S^2_p = pooled variance

S^2_i = variance จากแต่ละสถานที่

k = จำนวน variance ที่ทดสอบ

4.3 การวิเคราะห์ผลรวม

การวิเคราะห์ผลรวมของแผนการทดลองแบบCRD พันธุ์ถูกกำหนดให้เป็นปัจจัยคงที่ (Fixed effect) ส่วนสถานที่ถูกกำหนดให้เป็นปัจจัยสุ่ม (Random effect) โดยมีตารางการวิเคราห์ความแปรปรวนดัดแปลงจาก วัชรินทร์ (2545) ดังตารางที่ 6 ส่วนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองรวมจากทุกสภาพแวดล้อมของ CRD คือ

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + T_k + ET_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตจากสถานีที่ i^{th} ในซ้ำที่ j^{th} และจากพันธุ์ที่ k^{th}

i = 1,...,e (e = จำนวนสภาพแวดล้อม)

j = 1,...,r (r = จำนวนซ้ำ)

k = 1,...,t (t = จำนวนพันธุ์)

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

E_i = อิทธิพลของสภาพแวดล้อม i

T_k = อิทธิพลของพันธุ์ที่ k

ET_{ik} = อิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมที่ i และพันธุ์ที่ k

ε_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตเฉพาะจากสภาพแวดล้อมที่ i^{th} ในซ้ำที่ j^{t}และจากพันธุ์ที่ k^{th}

ตารางที่ 6 ความแปรปรวนของการวิเคราะห์ผลรวม

Source	df	MS	EMS
Environments (E)	e-1	M_1	$\sigma^2_e + rg\sigma^2_E$
Genotypes (G)	g-1	M_2	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{GE} + re\sigma^2_G$
Genotypes X Environments (GxE)	(g-1)(e-1)	M_3	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{GE}$
Error	ge(r-1)	M_4	σ^2_e
Total	erg-1		

4.4 การวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ ด้วยวิธีวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาแบบผลคูณ

นำข้อมูลของลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบทะลายและน้ำมัน วิเคราะห์แยกอิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาแบบผลคูณ ด้วยโปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) version 2.14.0 (R Development Core Team, 2008) เพื่อแยกอิทธิพลจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมโดยมีตารางวิเคราห์ความแปรปรวน ดังตารางที่ 7 (Gauch, 1988) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการวิเคราะห์ AMMI คือ

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \Sigma\lambda_n\xi_{in}\eta_{jn} + \theta_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} = ผลผลิตของพันธุ์ i ปลูกในสภาพแวดล้อม j

μ = ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง

α_i = อิทธิพลของพันธุ์ที่ i

β_j = อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่ j

λ_n = ค่าไอเกนของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของแกนที่ n

ξ_{in} = คะแนนองค์ประกอบหลักของพันธุ์ที่ i สำหรับแกนที่ n

η_{jn} = คะแนนองค์ประกอบหลักของสภาพแวดล้อมที่ j สำหรับแกนที่ n

θ_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ ด้วยวิธี AMMI

Source	df	SS	MS
Total	eg – 1	$\sum_i \sum_i Y_{ij}^2 - C.F.$	
Genotypes	g – 1	$(1/e)\sum_i Y_{i.}^2 - C.F.$	MS_1
Environments	e – 1	$(1/g)\sum_j Y_{.j}^2 - C.F.$	
Genotypes X Environments	(g – 1)(e – 1)	Total SS – Gen.SS – Env.SS	MS_2
PCA 1	g + e – 1 – 2(1)	PCA 1 SS	MS_3
.	.	.	.
.	.	.	.
PCA n	g + e – 1 – 2(n)	PCA n SS	MS_n
Residual	u	Gen. X Env. SS – PCA SS	MS_R

โดย C.F. = (Y..)2/ge

g = จำนวนพันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง

e = จำนวนสถานที่ที่ใช้ทำการทดลอง

n = จำนวนแกนองค์ประกอบหลัก

การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติภายในค่าเฉลี่ยของพันธุ์ ทดสอบได้จาก F – test = MS_1/MS_2
การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของ PCA ทดสอบได้จาก F – test = MS_3/MS_R

พล็อตแผนภาพสองทิศทาง เพื่อแสดงความเสถียรของแต่ละพันธุ์และแต่ละแปลงทดลอง โดยทั่วไปจะใช้แผนภาพสองทิศทาง 2 แผนภาพ สำหรับแสดงผลการวิเคราะห์ คือ

1. แผนภาพสองทิศทางระหว่างผลผลิตกับค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่หนึ่ง โดยกำหนดให้ค่าผลผลิตเป็นค่าในแนวแกน X และค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่หนึ่งเป็นค่าในแนวแกน Y และ

2. แผนภาพสองทิศทางระหว่างค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่หนึ่งกับค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่สอง โดยกำหนดให้ค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่หนึ่ง เป็นค่าในแนวแกน X และค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่สอง เป็นค่าในแนวแกน Y

การประเมินความสามารถในการปรับตัวของลูกผสม จะพิจารณาจากค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่หนึ่งร่วมกับค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรที่กำลังพิจารณา ลูกผสมที่สามารถปรับตัวได้เฉพาะสถานที่ จะมีค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่หนึ่ง และค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรในสถานที่นั้นๆ สูง ส่วนลูกผสมที่สามารถปรับตัวได้หลายสถานที่จะมีค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่หนึ่ง และค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรทุกสถานที่อยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ สำหรับลูกผสมที่มีความเสถียรมากที่สุดจะมีค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่หนึ่งต่ำ แต่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรสูงกว่าค่าเฉลี่ยของลูกผสมเบอร์อื่นๆ ในกลุ่มลูกผสมที่มีค่าคะแนนขององค์ประกอบสำคัญที่หนึ่งต่ำ

วัสดุและอุปกรณ์

1. วัสดุพืช

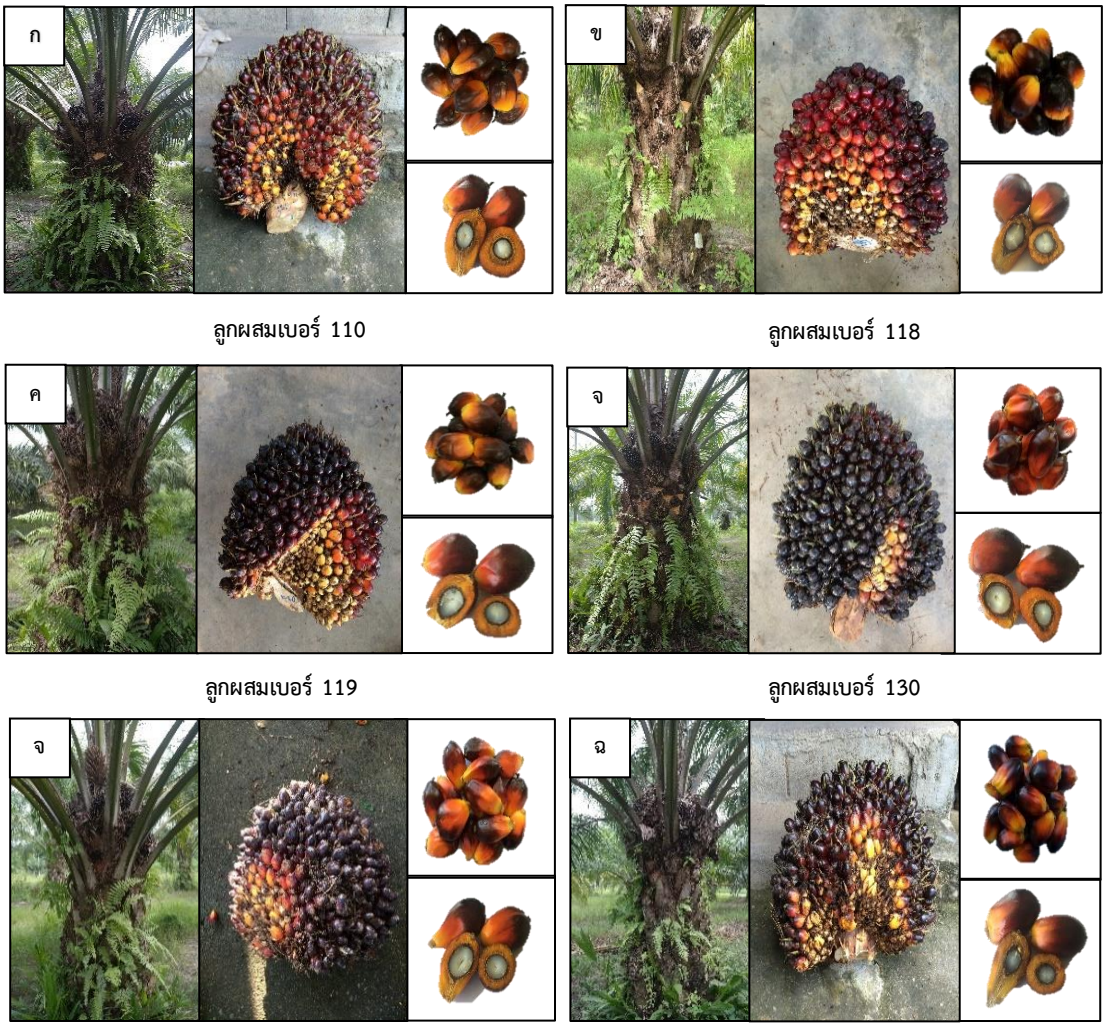
ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จำนวน 6 คู่ผสม อายุประมาณ 4 ปี ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 118 119 130 132 และ 137 (ภาพที่ 10) โดยลูกผสมเหล่านี้ถือเป็นประชากร full - sibs จากพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา 2 ต้น ผสมกับแม่พันธุ์ดูรา 3 ต้น ในแผนการผสมพันธุ์แบบแฟคทอเรียล (North Carolina Design II)

2. วัสดุ

1. ป้ายแสดงหน่วยการทดลอง
2. กระสอบใส่ทะลายปาล์มน้ำมัน
3. ถุงกระดาษ
4. ถุงพลาสติก
5. ตะกร้า
6. มีดคัตเตอร์
7. ปากกาเคมี
8. สีสเปรย์
9. ลวด
10. เชือก
11. กระดาษทิชชู
12. กรรไกร
13. น้ำมันเบนซิน 91

3. อุปกรณ์

1. ออเกอร์เจาะดิน
2. เสียมแทงทะลาย
3. ขวาน
4. ตลับเมตร
5. เวอร์เนียคาลิปเปอร์
6. ขวดแก้วแช่ตัวอย่าง
7. เครื่องปั่นบดละเอียด
8. เครื่องชั่งแบบละเอียด 2 ตำแหน่งและแบบ 50 กิโลกรัม



ภาพที่ 10 ลักษณะลำต้น ทะลาย ผลและผลตัดตามขวางของลูกผสมเทเนอราทั้ง 6 คู่ผสม

บทที่ 3
ผลการวิจัย

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินทั้ง 3 พื้นที่ ดังตารางที่ 8 พบว่าแปลงทดลองที่ 1 อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา (SKA) ลักษณะทางกายภาพของดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย อนุภาคดินเหนียว 36.19 เปอร์เซ็นต์ ทรายแป้ง 14.00 เปอร์เซ็นต์ และทราย 49.81 เปอร์เซ็นต์ แปลงทดลองที่ 2 อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง (PLG) มีลักษณะทางกายภาพของดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย อนุภาคดินเหนียว 29.66 เปอร์เซ็นต์ ทรายแป้ง 18.18 เปอร์เซ็นต์และทราย 52.22 เปอร์เซ็นต์ และแปลงทดลองที่ 3 อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (NRT) มีลักษณะทางกายภาพของดินเป็นดินเหนียวปนทราย อนุภาคดินเหนียว 20.60เปอร์เซ็นต์ ทรายแป้ง 9.52 เปอร์เซ็นต์ และทราย 69.89เปอร์เซ็นต์ ขณะที่สมบัติทางเคมีของดินของทั้ง 3 แปลงทดลอง พบว่าปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก เมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติทางเคมีของดินที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน (ตารางที่ 2) ยกเว้นปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของแปลงทดลอง NRT ที่มีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

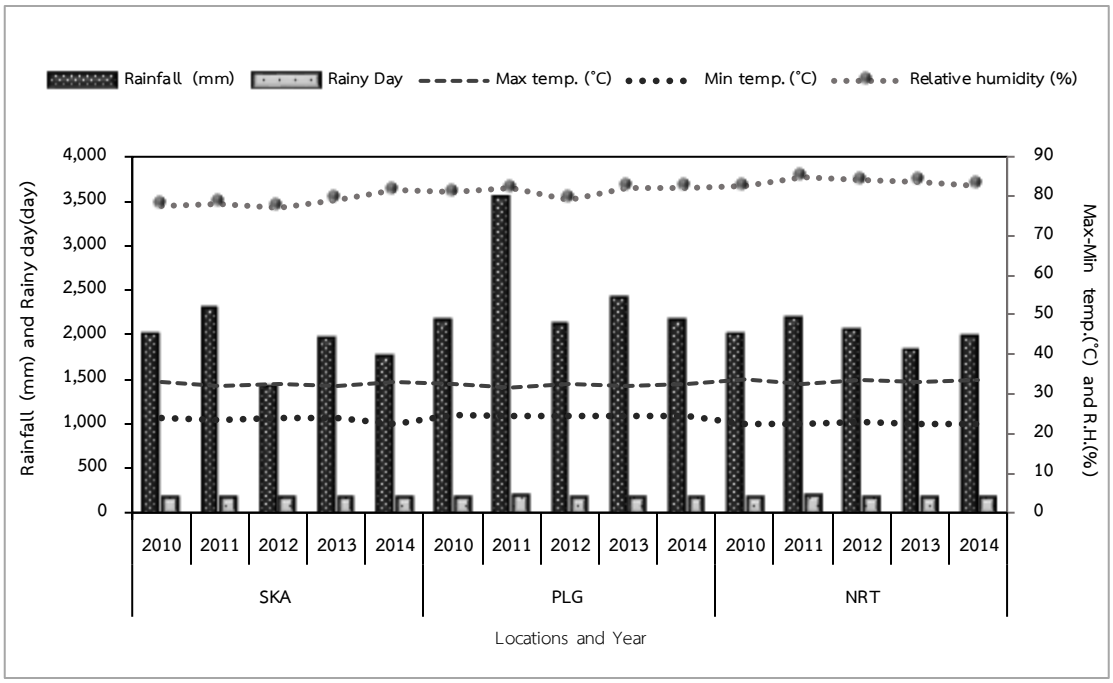
สภาพภูมิอากาศของแปลงทดลอง

สภาพภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบ 5 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2553 - 2557 ของทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า แปลงทดลอง SKA มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,892.26 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 158.20 วัน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 32.50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 22.41 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 78.67 เปอร์เซ็นต์ แปลงทดลอง PLG มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,480.56 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 164.40 วันอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 32.34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 24.48 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 81.33 เปอร์เซ็นต์ และแปลงทดลอง NRT มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,010.06 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 170.20 วันอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 33.27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 22.59 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 83.52 โดยในปี 2554 มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดทั้ง 3 พื้นที่ เท่ากับ 2,298.20 มิลลิเมตร 3,543.80 มิลลิเมตร และ 2,178.80 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 11) ซึ่งเป็นปีที่เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในภาคใต้ ก่อให้เกิดความเสียหายกับพื้นที่เกษตรกรรม

ตารางที่ 8 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ระดับความลึกดิน 0 – 30 เซนติเมตร

Soil Texture	Environments [1]		
	SKA	PLG	NRT
% CLAY	36.19	29.66	20.60
% SILT	14.00	18.18	9.52
% SAND	49.81	52.22	69.89
Texture	sandy clay loam	sandy clay loam	sandy clay
Nutrient in Soil			
pH (1:5 H_2O)	5.11	5.64	4.12
CEC (meq/100g)	2.38	5.35	4.46
Organic matter (%)	0.91	1.15	1.25
Organic carbon (%)	0.53	0.65	0.73
Total N (%)	0.04	0.06	0.07
Available P (mg/kg)	3.86	8.98	6.49
K (mg/kg)	18.24	30.56	145.8

หมายเหตุ: Environments[1] : แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และ NRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช CEC = cation exchange capacity; meq/100g = มิลลิอีควิวาเลนท์/100 กรัม และmg/kg = มิลลิกรัม/กิโลกรัม



ภาพที่ 11 ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุด และความชื้นสัมพันธ์รายปี ระหว่างปี 2553 -2557 ของแต่ละแปลงทดลอง: SKA: แปลงทดลองจังหวัดสงขลา PLG: แปลงทดลองจังหวัดพัทลุง และNRT: แปลงทดลองจังหวัดนครศรีธรรมราช

การทดสอบเอกภาพความแปรปรวนของข้อมูล

การเปรียบเทียบพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อม จำเป็นต้องมีการทดสอบความแปรปรวนก่อนวิเคราะห์ผลรวม เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละลักษณะแยกตามสภาพแวดล้อม จากนั้นทำการทดสอบความเป็นเอกภาพ เพื่อดูความเป็นเอกภาพของการทดลอง หากทดสอบแล้วความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าใกล้เคียงกัน สามารถดำเนินการวิเคราะห์ผลรวมต่อไปได้ แต่หากทดสอบแล้วพบว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีความแตกต่างกันมากก็ไม่ควรดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อ เนื่องจากอาจเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบนัยสำคัญ (ประวิตร,2548; พีระศักดิ์และประเสริฐ, 2548, ชูศักดิ์, 2551; สุดนัย, 2556 และ ธนนต์, 2558) จากตารางการทดสอบเอกภาพความแปรปรวน ของลักษณะของผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต องค์ประกอบทะลาย ผลผลิตน้ำมัน และลักษณะการเจริญเติบโต พบว่า ค่าไคสแควร์ของลักษณะน้ำหนักทางใบแห้งมีค่าสูงสุด 15.217 ซึ่งมากกว่าค่า χ^2 ที่เปิดจากตารางไคสแควร์ที่ระดับ 0.01 แสดงว่าค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีความแตกต่างกันมาก ไม่ควรดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อในลักษณะดังกล่าว สำหรับลักษณะอื่นๆ พบว่า มีค่า χ^2 น้อยกว่าค่า χ^2 ที่เปิดจาก

ตารางที่ระดับ 0.05 ซึ่งสามารถยอมรับสมมุติฐานที่ว่าค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในทุกแปลงทดลองของทุกลักษณะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นทุกลักษณะสามารถนำไปวิเคราะห์ผลรวมได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การทดสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน

Traits	χ^2
Yield and Yield components	
Fresh fruit bunch (kg/plant/year)	1.799^{ns}
Bunch number (bunch/plant/year)	0.185^{ns}
Average bunch weight (kg/bunch)	0.651^{ns}
Bunch components and Oil yield	
Average fruit weight (g)	1.168^{ns}
Average kernel weight (g)	1.719^{ns}
Fruit per bunch (%)	0.996^{ns}
kernel per bunch (%)	0.405^{ns}
Wet mesocarp per fruit (%)	0.465^{ns}
Shell per fruit (%)	5.855^{ns}
Kernel per fruit (%)	0.366^{ns}
Oil per wet mesocarp (%)	5.559^{ns}
Oil per dry mesocarp (%)	0.509^{ns}
Oil per fruit (%)	2.549^{ns}
Oil per bunch (%)	1.276^{ns}
Oil yield (kg/palm/year)	1.773^{ns}
Vegetative Traits	
Height (m)	3.230^{ns}
rachis length (cm)	5.993^{ns}
leaf area (m)	1.460^{ns}
leaf dry weight (kg)	15.217**

หมายเหตุ: χ^2 df = 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 มีค่าเท่ากับ 5.99 และ 9.21

การวิเคราะห์ผลรวม การวิเคราะห์เสถียรภาพ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และแผนภาพสองทิศทาง

1. ลักษณะองค์ประกอบผลผลิต

จำนวนทะลาย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะจำนวนทะลายปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม (GxE Interaction) มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.001 โดยพบว่า สัดส่วน SS (percent of sum of square) ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 7.67 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 18.20 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 32.99 แสดงให้เห็นว่าลักษณะจำนวนทะลายมีอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมสูงกว่าว่าจีโนไทป์และสภาพแวดล้อม ทำให้จำนวนทะลายของลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ต่างๆจะตอบสนองแตกต่างกันเมื่อสภาพแวดล้อมแตกต่าง (ตารางที่ 10) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญที่หนึ่งและสอง (PCA1 และ PCA2) สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 62.40 และ 37.60 เปอร์เซ็นต์ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง GxE Interaction ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 12 เป็นแผนภาพสองทิศทาง (biplot) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของจำนวนทะลายปาล์มน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่ให้จำนวนทะลายเฉลี่ยสูงกว่าจำนวนทะลายเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 137 และ 110 โดยมีจำนวนทะลายเฉลี่ยเท่ากับ 25.00 24.20 และ 23.40 ทะลายต่อต้นต่อปี ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ 0.13 จัดเป็นจีโนไทป์ที่มีเสถียรภาพสูง มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมต่ำและให้จำนวนทะลายค่อนข้างสม่ำเสมอในทุกสภาพแวดล้อม สังเกตได้จากค่า PCA1 อยู่ใกล้ 0 เมื่อพิจารณาแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA และ PLG ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ให้จำนวนทะลายสูงสุด ส่วนแปลงทดลอง NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันทุกเบอร์ไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับแปลงทดลองที่ให้จำนวนทะลายเฉลี่ยสูงที่สุด คือ แปลงทดลอง NRT รองลงมาคือแปลงทดลอง PLG และ SKA โดยมีจำนวนทะลายเฉลี่ยเท่ากับ 24.07 22.57 และ 21.53 ทะลายต่อต้นต่อปี ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของจำนวนทะลายปาล์มน้ำมัน สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง สังเกตได้จากค่า PCA1 ห่างจาก 0 พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 และ110 มีเสถียรถาพในลักษณะจำนวนทะลายมากที่สุด (ตารางที่ 11 และ ภาพที่ 13)

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ความแปรปรวนและความเสถียรของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตโดยวิธีวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาสัมพันธ์แบบผลคูณ

Sources of variation	df	BN			ABW			FFB		
		SS	MS	%SS	SS	MS	%SS	SS	MS	%SS
Environments (E)	2	97.36	48.67**	7.67	90.16	45.08***	37.77	39,522.00	19761.10***	12.64
Genotypes (G)	5	230.99	46.19***	18.20	34.85	6.96***	14.16	71,934.00	14386.90***	23.00
GxE Interaction	10	418.51	41.85***	32.99	45.21	4.52***	18.94	76,490.00	7649.00***	24.46
PCA1	6	261.27	43.55***	62.42	35.91	5.98***	79.40	66,370.53	11,061.76***	86.80
PCA2	4	157.24	39.31***	37.57	9.30	2.33ns	20.60	10,119.82	2,529.95***	13.20
Error	60	521.67	8.69		68.46	1.14		124,641.00	2,077.40	
Total	77	1,268.53			238.68			312,587.00		

หมายเหตุ : BN : จำนวนทะลาย (ทะลายต่อต้นต่อปี)

ABW : น้ำหนักทะลายเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อต้นต่อปี)

FFB : ผลผลิตทะลายสด (กิโลกรัมต่อต้นต่อปี)

ns, ** และ *** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p \leq 0.01$ และ 0.001 ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของจำนวนทะลาย (Bunch number) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Bunch number (bunch/plant/year)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	23.00A	22.80AB	24.40	23.40ab	0.31	0.20
118	21.20AB	17.80B	23.60	20.87b	1.20	-0.64
119	15.00B	22.80AB	24.60	20.80b	-1.71	-1.39
130	23.60A	28.60A	22.80	25.00a	-1.14	1.76
132	23.40A	19.80B	23.00	22.07ab	1.20	0.30
137	23.00A	23.60AB	26.00	24.20ab	0.13	-0.23
Average[5]	21.53b	22.57ab	24.07a	22.72		
PCA 1	1.83	-1.96	0.13			
PCA 2	1.07	0.86	-1.93			

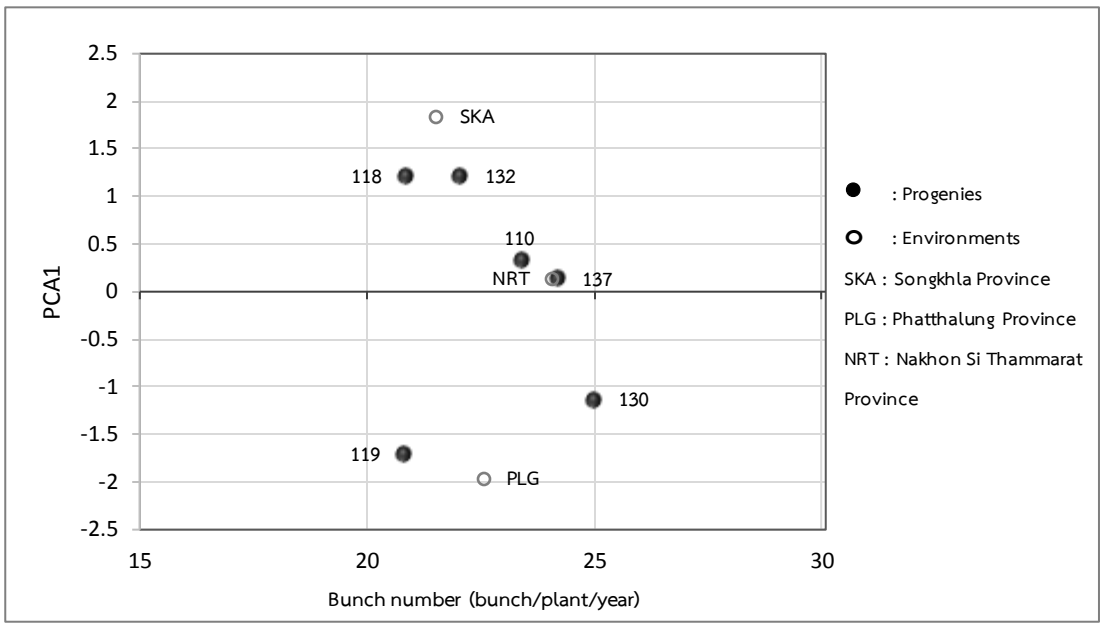
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

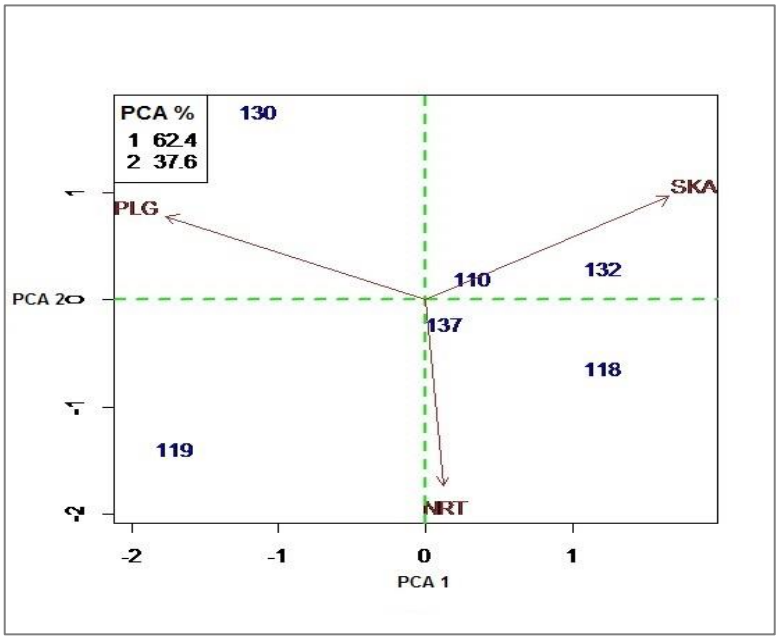
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าจำนวนทะลายของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ จำนวนทะลายเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ จำนวนทะลายเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าจำนวนทะลายเฉลี่ยของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ยของจำนวนทะลายและค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 13 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของจำนวนทะลาย

น้ำหนักทะลายเฉลี่ย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ย พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 พบว่า สัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 37.77 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 14.16 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 18.94 ลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมสูงกว่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมและจีโนไทป์ (ตารางที่ 10) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมแยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 79.40 และ 20.60 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง GxE Interaction ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 14 เป็นแผนภาพสองทิศทาง (biplot) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทะลายเฉลี่ยปาล์มน้ำมัน และ ค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีน้ำหนักทะลายเฉลี่ยสูงกว่าน้ำหนักทะลายเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 132 และ 119 โดยมีน้ำหนักทะลายเฉลี่ยเท่ากับ 14.02 13.11 และ 12.99 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 และ 110 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ 0.13 และ 0.20 ตามลำดับ จัดเป็นจีโนไทป์ที่มีเสถียรภาพค่อนข้างสูงและมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมค่อนข้างต่ำ เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ให้น้ำหนักทะลายเฉลี่ยสูงสุด แปลงทดลอง PLG และ NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันทุกเบอร์ไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับแปลงทดลองที่ให้น้ำหนักทะลายเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง PLG รองลงมาคือแปลงทดลอง NRT และ SKA โดยมีจำนวนทะลายเฉลี่ย เท่ากับ 14.27 12.62 และ 11.87 กิโลกรัมต่อทะลาย ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และPCA2 ของน้ำหนักทะลายเฉลี่ย สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 137 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 และ 118 มีเสถียรภาพในลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมากที่สุด สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 (ตารางที่ 12 และ ภาพที่ 15)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (Average bunch weight) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Average bunch weight (kg/bunch)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	11.16B	13.12	11.55	11.94b	0.20	0.06
118	11.92B	13.96	12.85	12.91ab	0.13	-0.28
119	11.50B	15.48	11.98	12.99ab	-0.60	0.87
130	14.64A	14.06	13.35	14.02a	1.31	0.14
132	11.32B	15.02	13.00	13.11ab	-0.58	-0.08
137	10.70B	13.98	13.02	12.57b	-0.45	-0.71
Averrage[5]	11.87b	14.27a	12.62b	12.92		
PCA 1	1.23	-1.05	-0.187			
PCA 2	0.35	0.58	-0.94			

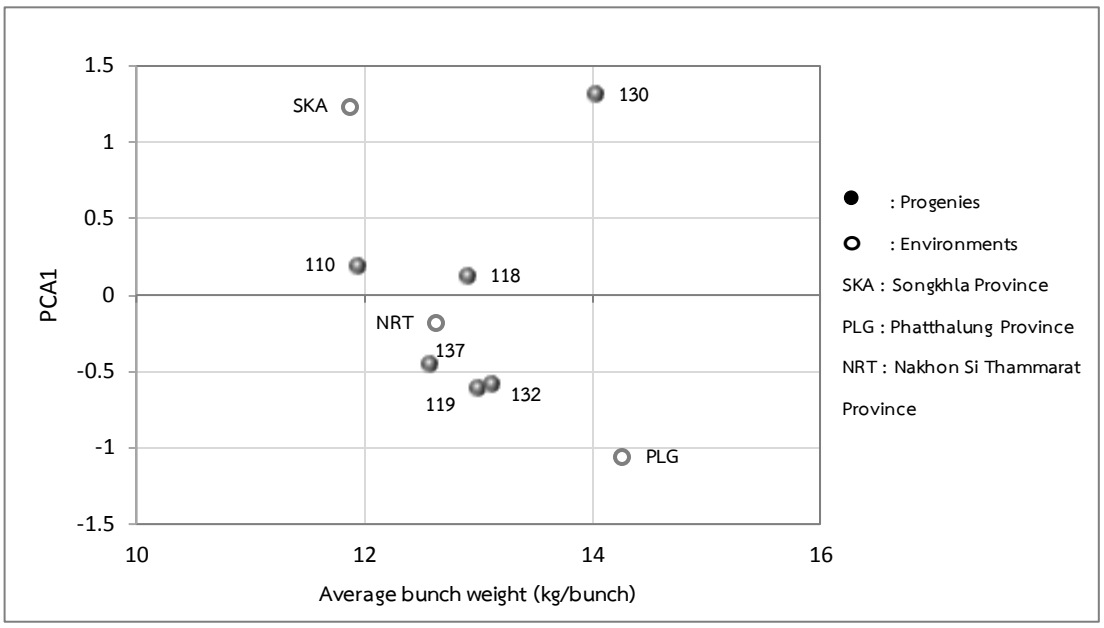
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

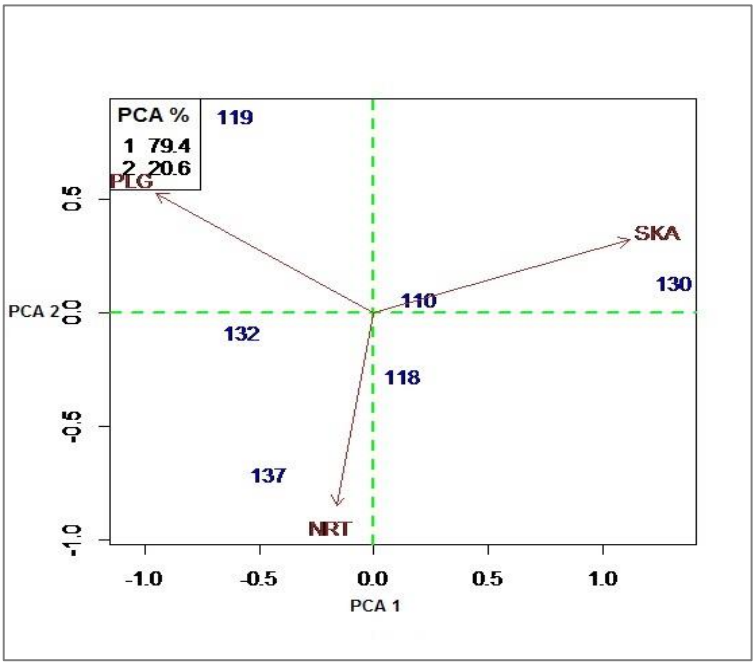
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าน้ำหนักทะลายเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Averrage[4] คือ น้ำหนักทะลายเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Averrage[5] คือ น้ำหนักทะลายเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าน้ำหนักทะลายเฉลี่ยของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทะลายเฉลี่ย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 15 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของน้ำหนักทะลายเฉลี่ย

ผลผลิตทะลายสด

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตทะลายสดปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 พบว่าสัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 12.64 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 23.00 และสัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 24.46 ผลผลิตทะลายสดปาล์มน้ำมันมีอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมสูงกว่าจีโนไทป์ และสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 10) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 86.80 และ 13.20 เปอร์เซ็นต์ ชี้ให้เห็นว่าสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง GxE Interaction ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 16 เป็นแผนภาพสองทิศทาง (biplot) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของผลผลิตทะลายสดปาล์มน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยสูงกว่าผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 2 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 และ 137 โดยมีผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยเท่ากับ 351.13 และ 301.63 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ 1.04 เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยในแปลงทดลอง SKA สูงสุดเช่นเดียวกันกับแปลงทดลอง PLG ส่วนแปลงทดลอง NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันทุกเบอร์ให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับแปลงทดลองที่ให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ แปลงทดลอง PLG รองลงมาคือแปลงทดลอง NRT และ SKA โดยมีผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย เท่ากับ 321.67 285.00 และ 272. กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของผลผลิตทะลายสด สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 และ 137 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 119 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 มีเสถียรภาพในลักษณะผลผลิตทะลายสดมากที่สุด สามารถให้ผลผลิตทะลายสดค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกสภาพแวดล้อม สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 (ภาพที่ 17 และ ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยของผลผลิตทะลายสด (Fresh fruit bunch) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Fresh fruit bunch (kg/plant/year)			Averrage[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	264.33AB	297.04BC	273.04	278.14b	1.04	0.77
118	273.39A	248.68C	280.36	267.48b	4.50	4.88
119	179.25B	353.44AB	283.52	272.07b	-8.45	1.63
130	315.22A	403.16A	335.00	351.13a	-2.38	-2.05
132	303.20A	298.44BC	260.40	287.35b	3.84	-2.62
137	297.95A	329.24ABC	277.70	301.63ab	1.44	-2.61
Averrage[5]	272.22b	321.67a	285.00b	292.966		
PCA 1	8.14	8.14	-1.25			
PCA 2	-2.03	-2.03	5.42			

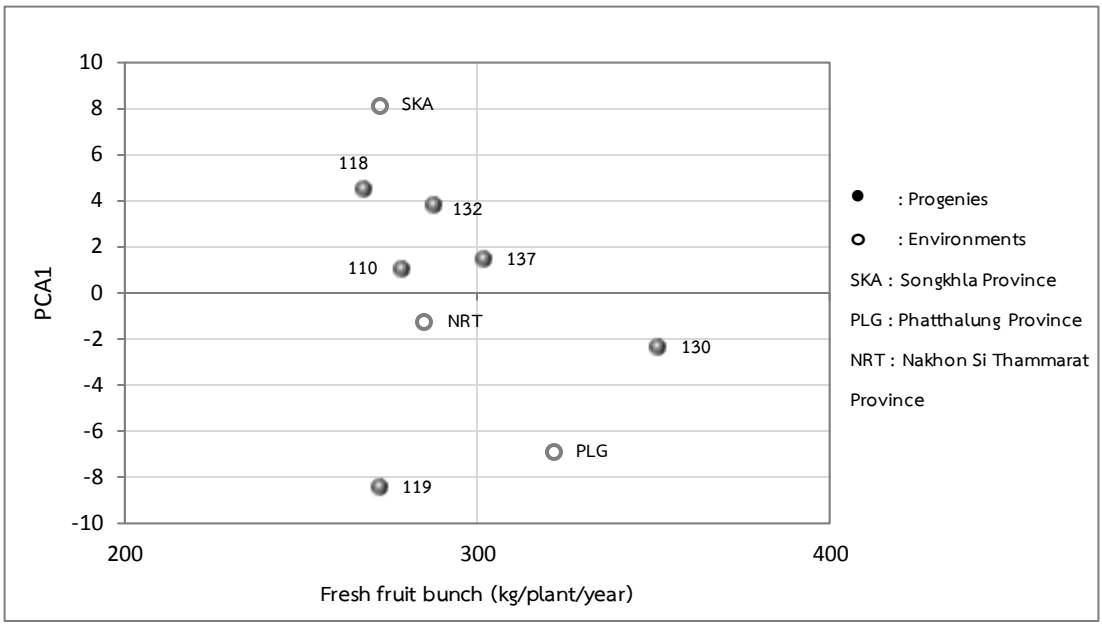
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

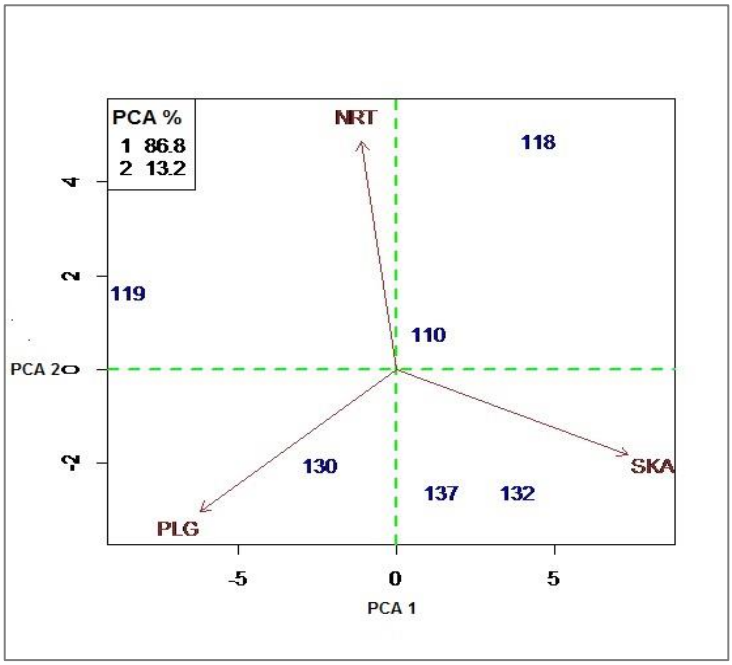
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Averrage[4] คือ ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Averrage[5] คือ ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยของผลผลิตทะลายสด และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 17 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของผลผลิตทะลายสด

2. ลักษณะองค์ประกอบทะลายและผลผลิตน้ำมัน

น้ำหนักผลเฉลี่ย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะน้ำหนักผลเฉลี่ยปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 พบว่า สัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 91.27 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 2.56 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 6.05 แสดงว่าน้ำหนักผลเฉลี่ยปาล์มน้ำมันมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมสูงกว่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม และจีโนไทป์ (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 87.90 และ 12.10 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลเฉลี่ยปาล์มน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีน้ำหนักผลเฉลี่ยสูงกว่าน้ำหนักผลเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 2 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 และ 110 โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ยเท่ากับ 11.34 และ 10.37 กรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ 0.18 จัดเป็นจีโนไทป์ที่มีเสถียรภาพสูง เนื่องจากค่า PCA1 อยู่ใกล้ 0 เมื่อพิจารณาแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันทุกเบอร์ไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ แปลงทดลอง PLG ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ให้น้ำหนักผลเฉลี่ยสูงสุด ส่วนแปลงทดลอง NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ให้น้ำหนักผลเฉลี่ยสูงสุด สำหรับแปลงทดลองที่ให้น้ำหนักผลเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง NRT รองลงมาคือแปลงทดลอง PLG และ SKA โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ย เท่ากับ 12.06 11.13 และ 7.04 กรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของน้ำหนักผลเฉลี่ย สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 119 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 มีเสถียรภาพในลักษณะน้ำหนักผลเฉลี่ยมากที่สุด สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 (ตารางที่ 15 และ ภาพที่ 19)

ตารางที่ 14 วิเคราะห์ความแปรปรวนและความเสถียรของลักษณะองค์ประกอบทะลายและผลผลิตน้ำมันโดยวิธีวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาสัมพันธ์แบบผลคูณ

Sources of variation	df	AFW			AKF			%F/B			%K/B		
		SS	MS	%SS	SS	MS	%SS	SS	MS	%SS	SS	MS	%SS
Environments (E)	2	43,103.00	21551.6***	91.27	5.76	2.88***	36.71	203.43	101.72***	15.25	53.19	26.56***	12.06
Genotypes (G)	5	1,211.00	242.2***	2.56	1.78	0.36*	11.31	187.90	37.58***	14.08	166.91	33.38***	37.85
G×E	10	2,858.00	285.80***	6.05	4.78	0.48***	30.45	845.26	84.53***	63.36	193.71	19.37***	43.92
PC1	6	2,843.76	473.96***	86.80	3.33	0.55**	69.60	572.30	95.38***	63.70	134.93	22.49***	69.70
PC2	4	14.38	3.59*	12.10	1.45	0.36*	30.40	272.97	68.24***	32.30	58.78	14.69***	30.30
Error	30	53.00	1.80	0.11	3.38	0.11	21.53	97.51	3.25	7.31	27.21	0.91	6.17
Total		47,225.00			15.70			1334.10			441.03		

หมายเหตุ : AFW : น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัมต่อผล) AKF : น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย (กรัมต่อเมล็ด)

% F/B : เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย % K/B : เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย

*,**,*** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p \leq 0.05, 0.01$ และ 0.001 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 (ต่อ)

Sources of variation	df	%WM/F			%S/F			%K/F			%O/WM		
		SS	MS	%SS	SS	MS	%SS	SS	MS	%SS	SS	MS	%SS
Environments (E)	2	39,522.00	19761.10***	12.64	551.22	275.61**	13.50	82.21	41.10***	11.18	2,677.75	1338.88***	54.31
Genotypes (G)	5	71,934.00	14386.90***	23.01	1653.42	330.68***	40.50	351.15	70.23***	47.76	339.86	67.97***	6.89
G×E	10	76,490.00	7649.00***	24.47	1665.51	166.55***	40.79	272.63	27.26***	37.08	1,846.76	184.68***	37.46
PC1	6	66,370.53	11,061.76***	83.70	1358.06	226.34***	81.50	180.46	30.08***	66.20	1,266.61	211.10***	68.60
PC2	4	10,119.82	2,529.95***	16.30	307.46	76.86***	18.50	92.17	23.04***	33.80	580.15	145.04***	31.40
Error	30	124,641.00	2,077.40	39.87	212.18	7.07	5.19	29.19	0.97	3.97	66.15	2.21	1.34
Tatol		312,587.00			4,082.33			735.18			4,930.52		

หมายเหตุ : %WM/F : เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล %S/F : เปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล

%K/F : เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผล %O/WM : เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด

,* : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 (ต่อ)

Sources of variation	df	%O/DM			%O/F			%O/B			OY		
		SS	MS	%SS	SS	MS	%SS	SS	MS	%SS	SS	MS	%SS
Environments (E)	2	41.72	20.86*	1.18	1,032.88	516.44***	42.52	837.00	418.50***	48.47	4,052.10	2026.06***	20.63
Genotypes (G)	5	1,982.38	396.48***	56.23	294.09	58.82***	12.11	190.16	38.03***	11.01	6,805.70	1361.13***	34.65
GxE	10	1,348.39	134.84***	38.25	1,017.03	101.7***	41.86	534.26	53.43***	30.94	8,597.70	859.77***	43.77
PC1	6	1,173.89	195.65***	87.10	611.11	101.85***	60.10	372.68	62.11***	96.80	7,179.61	1,196.60***	83.50
PC2	4	174.49	43.62***	12.90	405.92	101.48***	39.90	161.58	40.39***	30.20	1,418.07	354.52***	16.50
Error	30	153.05	5.10	4.34	85.44	2.85	3.52	165.37	5.51	9.58	186.30	6.21	0.95
Tatol		3,525.54			2,429.44			1,726.79			19,641.80		

หมายเหตุ : %O/DM : เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง %O/F : เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล

%O/B : เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย OY : ผลผลิตน้ำมัน (กิโลกรัมต่อต้นต่อปี)

*,*** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และ 0.001 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลเฉลี่ย (Average fruit weight) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Average fruit weight (g)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	7.90	12.93B	10.27BC	10.37ab	-0.59	-0.49
118	6.19	10.84B	13.12A	10.05abc	1.09	0.68
119	7.74	15.84A	10.43ABC	11.34a	-1.47	0.65
130	6.66	11.55B	11.16ABC	9.79bc	0.18	0.07
132	7.08	10.57B	12.36AB	10.00abc	0.90	-0.19
137	6.63	10.64B	9.43C	8.90c	-0.12	-0.72
Average[5]	7.04c	11.13b	12.06a	10.07		
PCA 1	-0.09	-1.45	1.54			
PCA 2	-1.05	0.57	0.48			

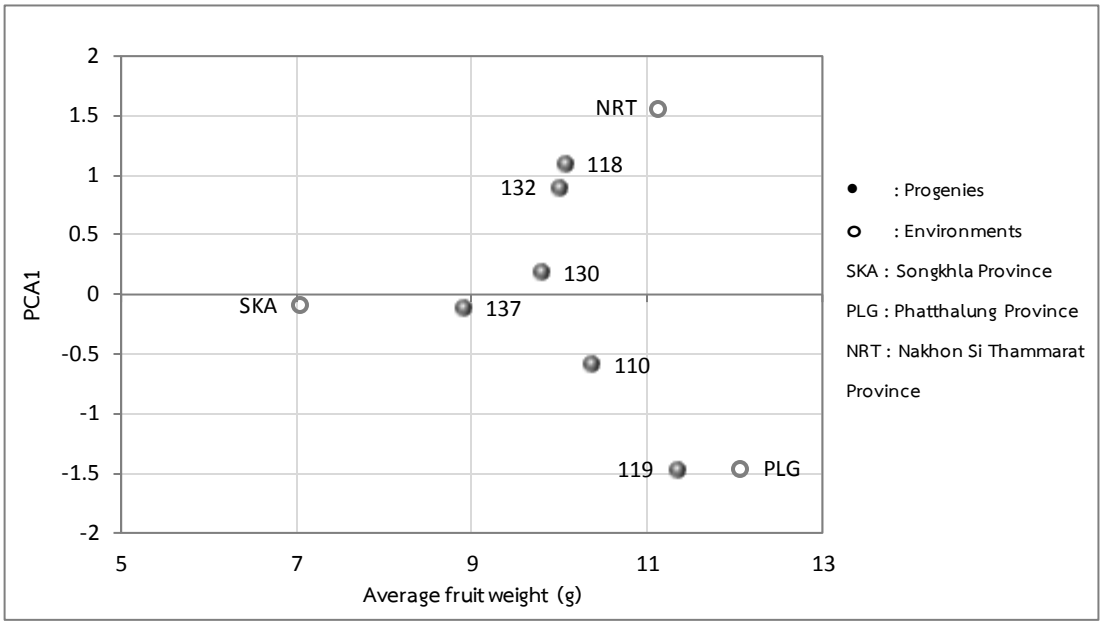
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

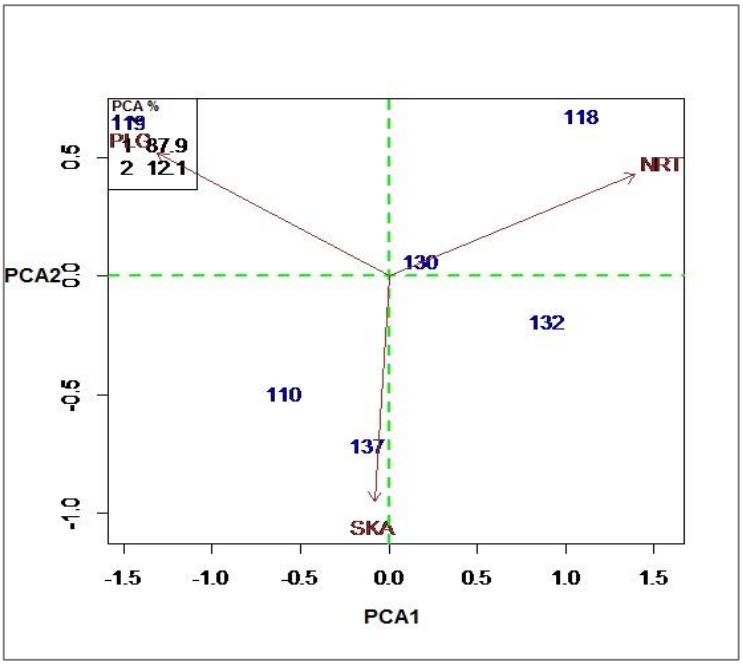
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าน้ำหนักผลเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ น้ำหนักผลเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ น้ำหนักผลเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าน้ำหนักผลเฉลี่ยของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลเฉลี่ย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 19 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของน้ำหนักผลเฉลี่ย

น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 ส่วนจีโนไทป์มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับสัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 36.71 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 11.31 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 30.45 แสดงว่าน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยปาล์มน้ำมันได้รับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมสูงกว่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมและจีโนไทป์ (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 69.60 และ 30.40 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยปาล์มน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยสูงกว่าน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 2 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 และ 137 โดยมีน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย เท่ากับ 0.81 และ 0.54 กรัมต่อเมล็ด ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ -0.09 จัดเป็นจีโนไทป์ที่มีเสถียรภาพค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันทุกเบอร์ไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ แปลงทดลอง PLG และ NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่ให้น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยสูงสุด คือ 132 สำหรับแปลงทดลองที่ให้น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง NRT รองลงมาคือแปลงทดลอง PLG และ SKA โดยมีจำนวนทะลายเฉลี่ย เท่ากับ 0.96 0.40 และ 0.18 กรัมต่อเมล็ด ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 และ 137 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 132 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 มีเสถียรภาพในลักษณะเมล็ดในเฉลี่ยมากที่สุด สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 มีน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 16 และ ภาพที่ 21)

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย (Averrage kernel weight) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Average kernel weight (g)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	0.03	0.05B	1.36AB	0.48ab	-0.50	0.25
118	0.03	0.05B	0.84AB	0.31b	-0.09	0.18
119	0.48	0.05B	0.70AB	0.41b	0.24	0.51
130	0.26	0.71AB	0.40B	0.46ab	0.57	-0.29
132	0.03	0.88A	1.75A	0.89a	-0.55	-0.46
137	0.27	0.66AB	0.70AB	0.54ab	0.32	-0.20
Average[5]	0.18b	0.40b	0.96a	0.51		
PCA 1	0.51	0.32	-0.83			
PCA 2	0.54	-0.63	0.09			

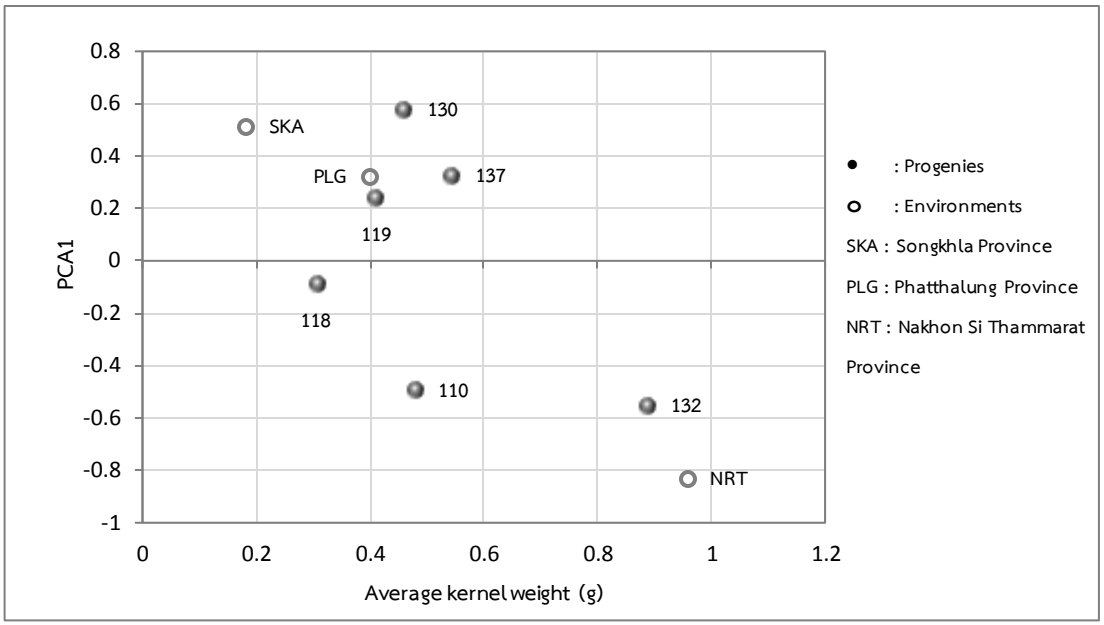
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

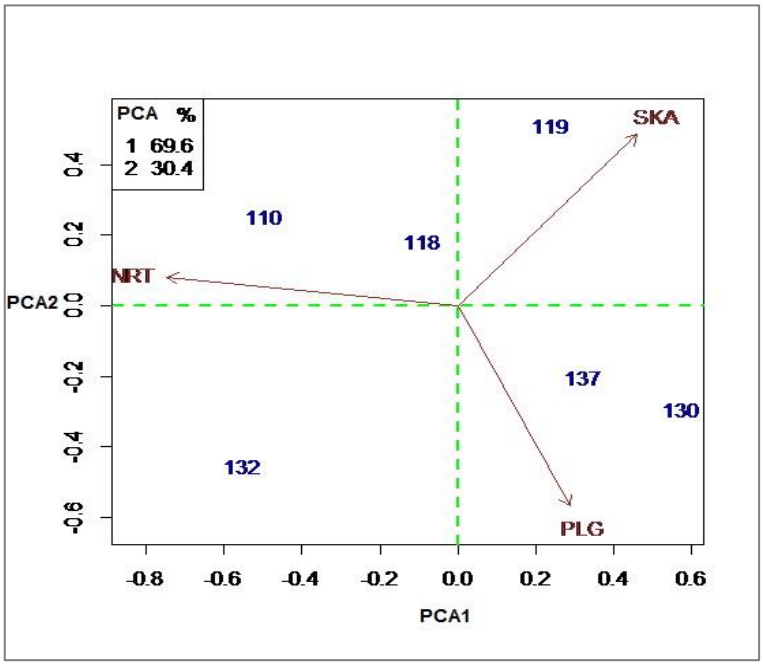
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าน้ำหนักผลเฉลี่ยของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 21 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย

เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 พบว่าสัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 15.25 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 14.08 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 63.36 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายมีอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมสูง ส่วนสภาพแวดล้อมและจีโนไทป์มีอิทธิพลใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 63.70 และ 32.30 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายกับสภาพแวดล้อมและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเฉลี่ยสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 โดยมีเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย เท่ากับ 74.07 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 และ 119 มีเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย เท่ากับ 72.78 และ 71.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ 0.04 เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ให้เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุด ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ให้เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุดในแปลงทดลอง PLG ส่วนแปลงทดลอง NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 ให้เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุด สำหรับแปลงทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง NRT PLG และ SKA เท่ากับ 72.99 72.05 และ 68.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่าลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 110 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายมากที่สุด สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมต่ำ มีเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายต่ำกว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมด (ตารางที่ 17 และ ภาพที่ 23)

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย (Fruit per bunch (%)) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Fruit per bunch (%)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	75.36A	69.70AB	77.16A	74.07a	-2.08	-0.38
118	68.69BC	74.27A	72.71AB	72.79a	-0.75	1.83
119	73.37AB	76.60A	58.54C	71.89ab	2.84	-0.03
130	77.43A	73.38A	67.57B	69.74b	0.63	-0.97
132	75.52A	65.99B	67.70B	69.50b	-0.67	-1.81
137	67.56C	72.36AB	67.23B	69.05b	0.04	1.36
Average[5]	68.49b	72.05a	72.99a	71.18		
PCA 1	-2.91	2.21	0.70			
PCA 2	0.72	1.73	-2.45			

หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

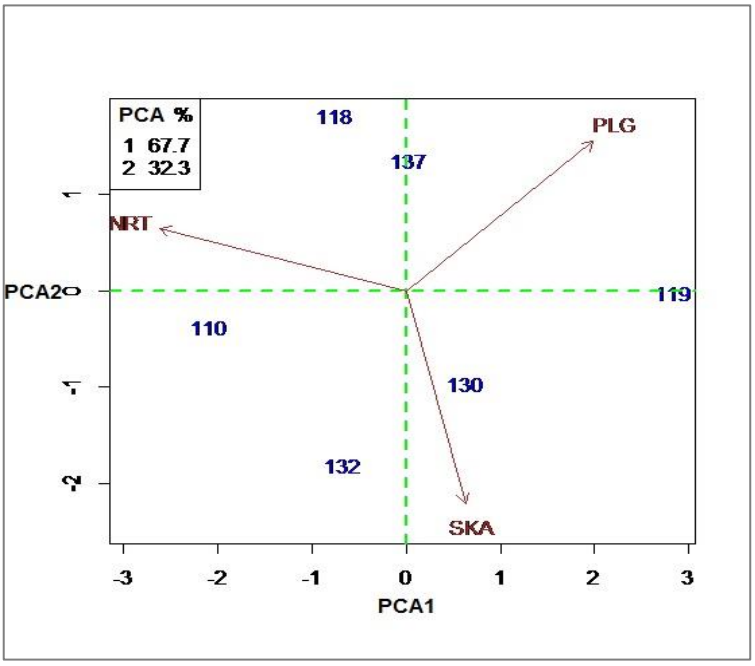
Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าน้ำหนักผลเฉลี่ยของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 23 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย

เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 โดยพบว่าสัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อม มีค่าเท่ากับ 12.06 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์ มีค่าเท่ากับ 37.85 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 43.92 แสดงว่า เปอร์เซ็นต์เนื้อในต่อทะลายปาล์มน้ำมันมีอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมสูงกว่าจีโนไทป์และสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 69.70 และ 30.30 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายปาล์มน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเฉลี่ยสูงกว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 118 และ 119 โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเท่ากับ 11.37 11.35 และ 9.62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ -0.04 จัดเป็นจีโนไทป์ที่มีเสถียรภาพสูง เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุด ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุดในแปลงทดลอง PLG ส่วนแปลงทดลอง NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุด สำหรับแปลงทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเฉลี่ยสูงที่สุด คือ แปลงทดลอง PLG รองลงมาคือแปลงทดลอง NRT และ SKA โดยมีจำนวนทะลายเฉลี่ย เท่ากับ 10.08 9.93 และ 7.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 118 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 และ132 มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายมากที่สุด สังเกตได้จากค่า PCA1 และPCA2 เข้าใกล้ 0 (ตารางที่ 18 และ ภาพที่ 25)

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย (Kernel per bunch (%)) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Kernel per bunch (%)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	12.00B	12.40A	9.69AB	11.37a	-0.04	0.17
118	6.45D	10.89A	11.52A	11.35a	1.93	-0.38
119	7.65CD	11.82A	5.88C	9.62b	0.41	1.43
130	15.21A	11.48A	7.36BC	8.75b	-1.61	0.18
132	10.07BC	9.44A	6.73BC	8.45b	-0.35	0.08
137	8.22CD	4.46B	6.25C	6.30c	-0.33	-1.47
Average[5]	7.90b	10.08a	9.93a	9.31		
PCA 1	-2.05	0.59	1.47			
PCA 2	-0.41	1.65	-1.24			

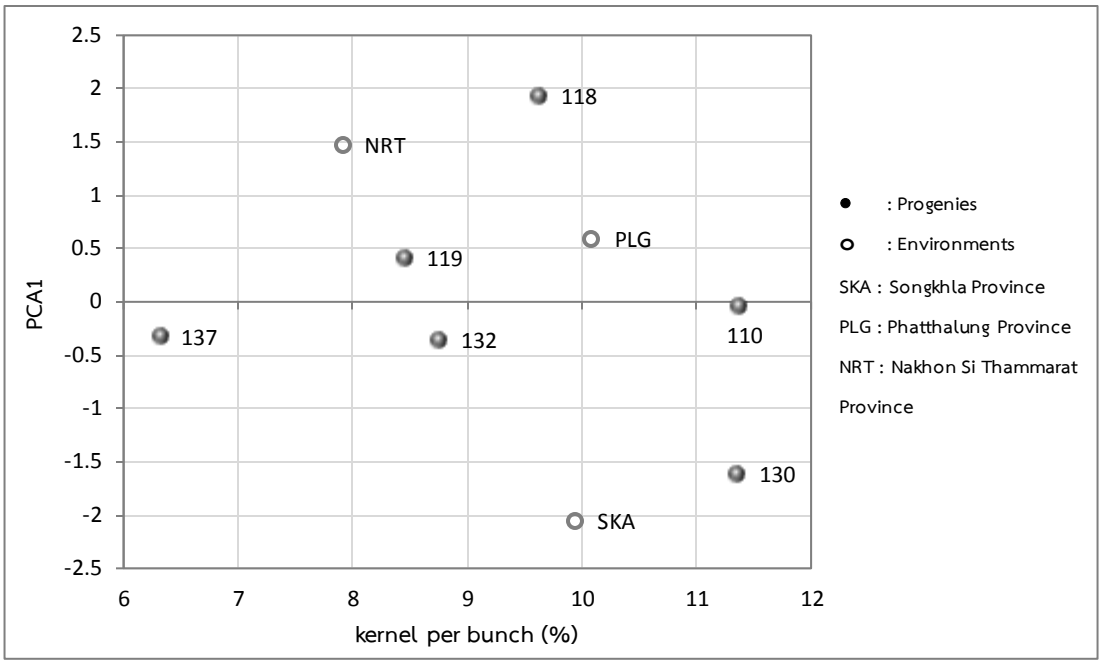
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

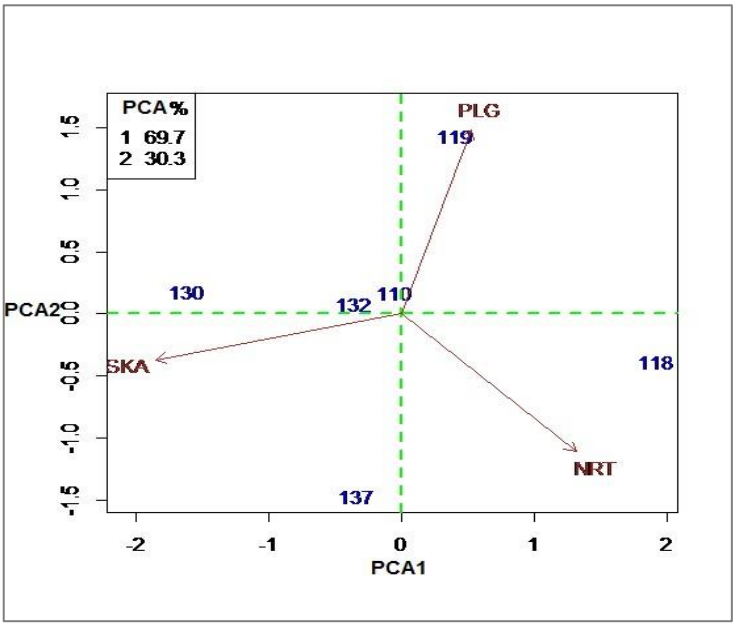
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าน้ำหนักผลเฉลี่ยของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 25 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย

เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของลักษณะเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล ปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 โดยพบว่าสัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 12.64 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 23.01 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 24.47 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลปาล์มน้ำมันมีอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมสูง รองลงมาคืออิทธิพลของจีโนไทป์และสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 83.70 และ16.30 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลปาล์มน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยสูงกว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 119 และ 132 โดยมีเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล เท่ากับ 81.11 79.10 และ 79.07 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 และ 130 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ -0.94 และ 1.12 จัดเป็นจีโนไทป์ที่มีเสถียรภาพสูง มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมต่ำ เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 ให้เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยสูงสุด ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ให้เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยสูงสุดในแปลงทดลอง PLG ส่วนแปลงทดลอง NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ให้เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยสูงสุด สำหรับแปลงทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยสูงที่สุด คือ แปลงทดลอง PLG รองลงมาคือแปลงทดลอง NRT และ SKA โดยมีจำนวนทะลายเฉลี่ย เท่ากับ 80.21 80.20 และ 75.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และPCA2 ของเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมแบบเฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 118 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายมากที่สุด สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 (ตารางที่ 19 และ ภาพที่ 27)

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล (Wet mesocarp per fruit (%)) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Wet mesocarp per fruit (%)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	73.68B	82.62AB	76.32B	77.54bc	-0.94	-0.88
118	73.97B	72.88C	82.23A	76.36c	1.35	1.40
119	74.17B	86.85A	76.27B	79.10ab	-1.71	-1.28
130	80.18A	78.97B	84.20A	81.11a	1.12	0.19
132	82.53A	73.63C	81.04A	79.07ab	2.29	-0.89
137	68.28C	86.31A	81.12A	78.57bc	-2.11	1.46
Average[5]	75.47b	80.21a	80.20a	78.63		
PCA 1	2.25	-3.25	0.99			
PCA 2	-1.63	-0.48	2.11			

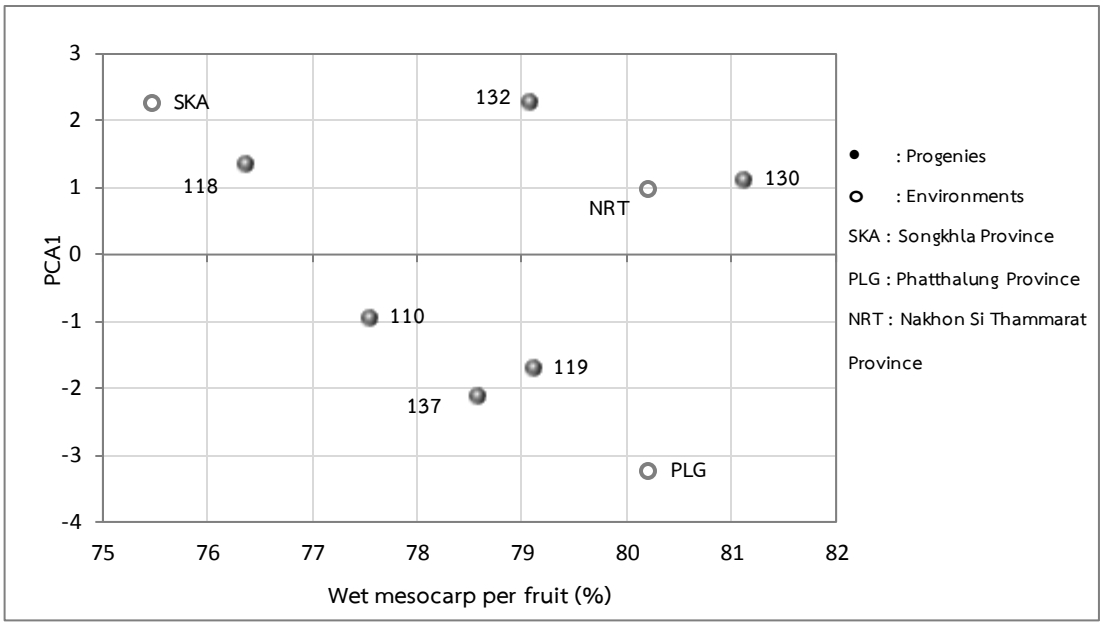
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

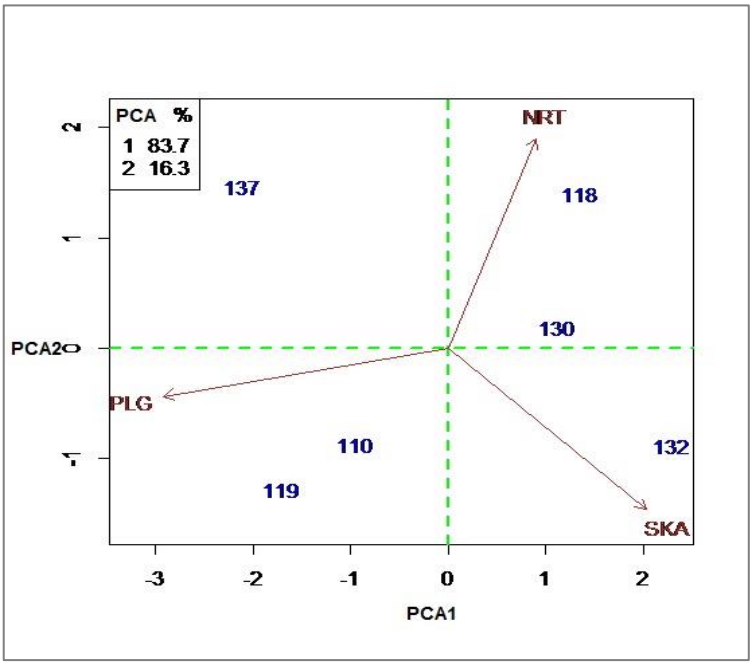
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลเฉลี่ยของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 26 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 27 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล

เปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จีโนไทป์และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 และพบว่า สัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 13.50 สัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 40.50 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 40.79 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลปาล์มน้ำมันมีอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมสูง รองลงมาคืออิทธิพลของจีโนไทป์และสภาพแวดล้อม แสดงว่า G และ GxE Interaction มีอิทธิพลใกล้เคียงกันต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์และสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 81.50 และ 18.50 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลปาล์มน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ยบางกว่าเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 132 และ 118 โดยมีเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเท่ากับ 19.09 23.60 และ 26.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 และ 137 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ -0.37 และ 0.46 จัดเป็นจีโนไทป์ที่มีเสถียรภาพสูง เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ให้เปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ยบางสุด สำหรับแปลงทดลอง PLG และ NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่มีเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ยบางสุด คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 และ 137 สำหรับแปลงทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ยบางที่สุด คือ แปลงทดลอง NRT รองลงมาคือแปลงทดลอง PLG และ SKA โดยมีเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ย เท่ากับ 24.48 27.46 และ 32.23เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล พบว่าลูกผสมปาล์มน้ำมันที่มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลมากที่สุด คือ เบอร์ 110 และ 137 เป็นกลุ่มจีโนไทป์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมต่ำ สามารถให้เปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ยค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกสภาพแวดล้อม สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 (ตารางที่ 20 และ ภาพที่ 29)

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล (Shell per fruit (%)) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Shell per fruit (%)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	39.13A	31.90AB	29.66AB	33.56a	-0.34	-0.25
118	16.56C	29.11B	34.04A	26.57bc	3.92	-0.80
119	39.07AB	36.62A	28.06ABC	34.58a	-0.23	1.20
130	36.55AB	34.41AB	21.87BCD	30.94ab	-0.62	2.00
132	37.08AB	15.21C	18.52CD	23.60cd	-2.27	-1.99
137	25.02BC	17.52C	14.72D	19.09d	-0.46	-0.16
Average[5]	32.23a	27.46b	24.48b	28.06		
PCA 1	-3.71	1.30	2.41			
PCA 2	-0.44	2.44	-2.00			

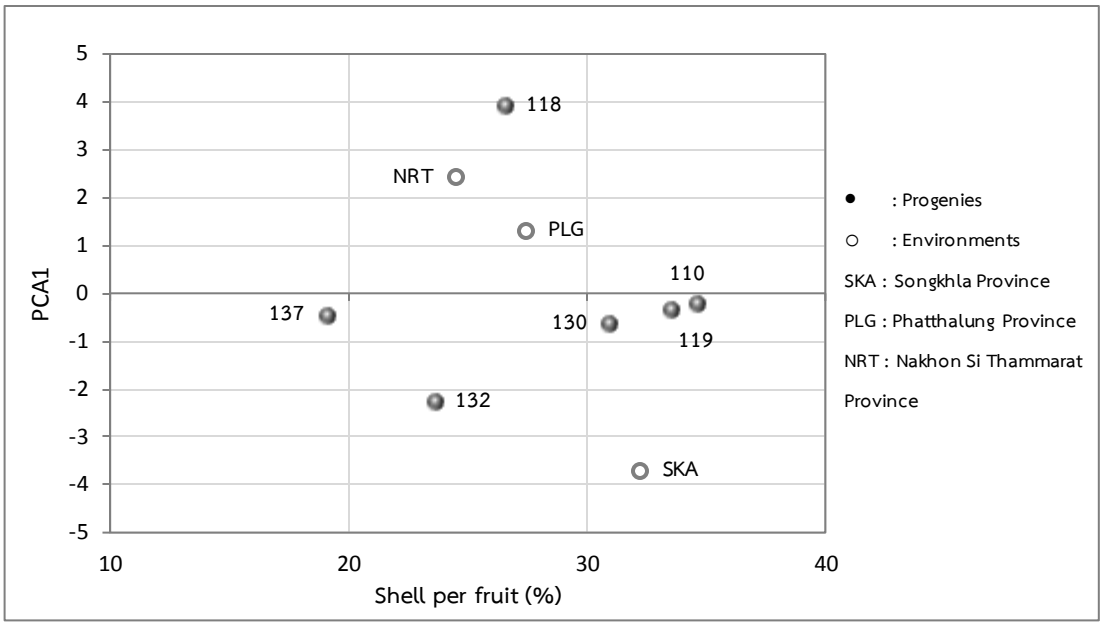
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

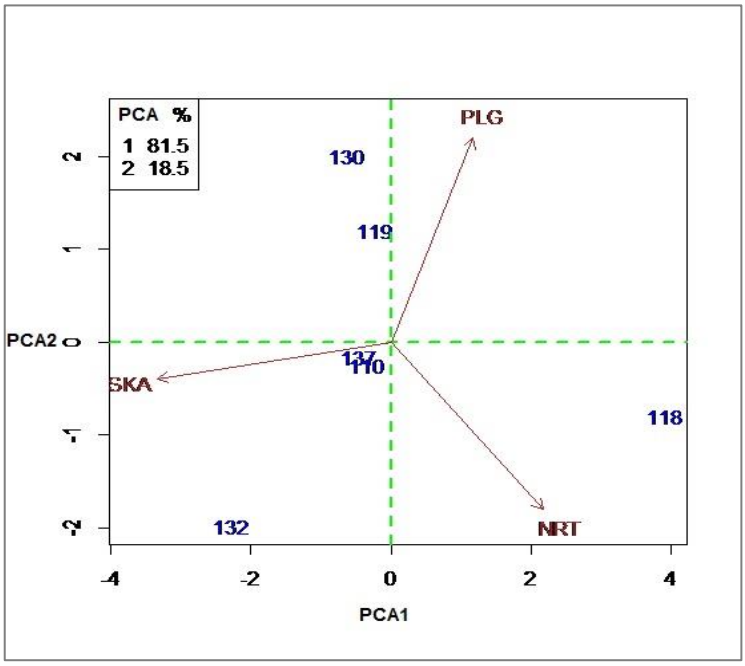
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ เปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ เปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผลของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 28 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 29 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล

เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 โดยพบว่าสัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 11.18 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 47.79 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 37.08 แสดงว่า เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลปาล์มน้ำมันมีอิทธิพลของจีโนไทป์สูงสุด รองลงมาคืออิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมและสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 66.20 และ 33.80 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลปาล์มน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลเฉลี่ยน้อยกว่ากว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 132 และ119 โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลเท่ากับ 8.98 11.45 และ 12.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ 0.33 จัดเป็นจีโนไทป์ที่มีเสถียรภาพสูง เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลน้อยที่สุด ในแปลงทดลอง SKA และ NRT ส่วนแปลงทดลอง PLG ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลเฉลี่ยน้อยสุด สำหรับแปลงทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ แปลงทดลอง NRT รองลงมาคือแปลงทดลอง SKA และ PLG โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลเฉลี่ย เท่ากับ 11.40 14.19 และ 13.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของเปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลมากที่สุด คือ เบอร์ 132 สังเกตได้จากค่า PCA1 และPCA2 เข้าใกล้ 0 (ตารางที่ 21 และ ภาพที่ 32)

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผล (Kernel per fruit (%)) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Kernel per fruit (%)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	13.12BC	17.81AB	12.62AB	14.52b	-0.79	0.89
118	14.96B	14.64BC	15.84A	15.15ab	0.90	0.70
119	10.39C	16.16AB	9.80B	12.12c	-1.12	0.98
130	19.86A	19.28A	10.63B	16.59a	-1.20	-1.70
132	13.22BC	11.50C	9.63B	11.45c	0.33	-0.50
137	11.30BC	5.76D	9.89B	8.98d	1.87	-0.38
Average[5]	13.81a	14.19a	11.40b	13.13		
PCA 1	0.49	-2.17	1.67			
PCA 2	-1.87	0.57	1.30			

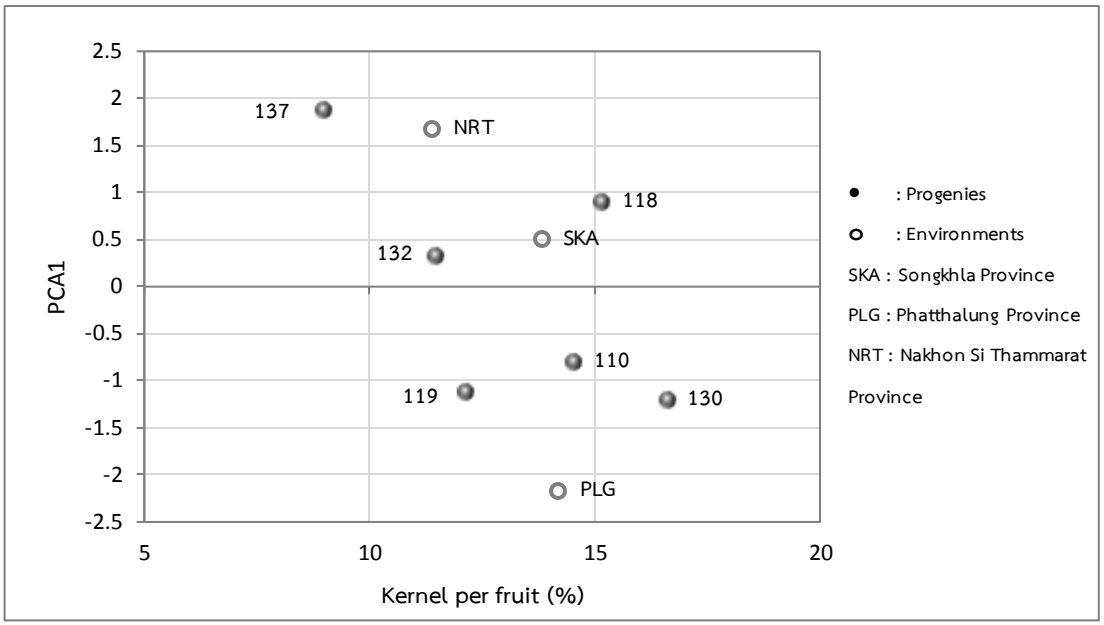
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

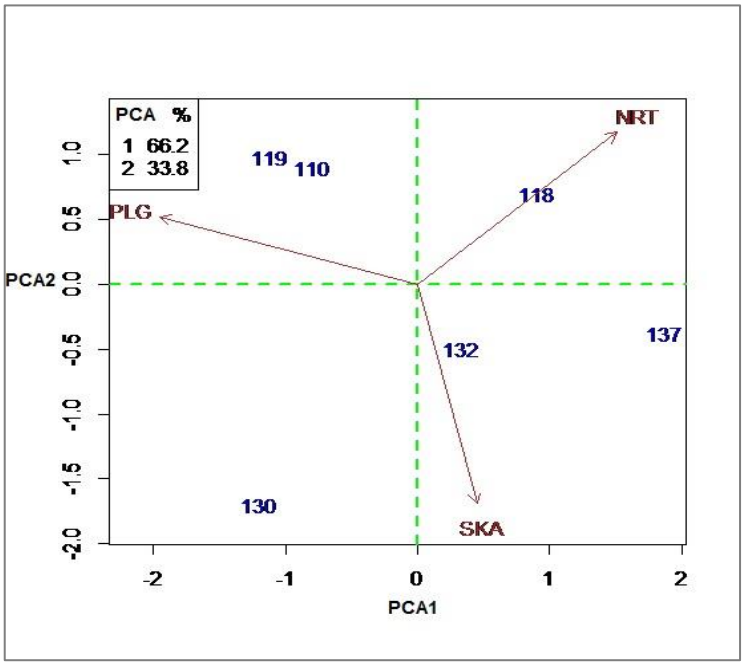
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Averrage[4] คือ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Averrage[5] คือ เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผลและค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 31 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อผล

เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 พบว่า สัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 54.31 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 6.89 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 37.46 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมสูงสุด รองลงมาคืออิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมและจีโนไทป์ (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 68.60 และ 31.40 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดเฉลี่ยสูงกว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 118 และ132 โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด เท่ากับ 54.06 51.81 และ 51.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ -0.98 เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดเฉลี่ยสูงสุด ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดเฉลี่ยสูงสุดในแปลงทดลอง PLG ส่วนแปลงทดลองNRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดเฉลี่ยสูงสุด คือ ลูกผสมเบอร์ 137 สำหรับแปลงทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง SKA รองลงมาคือแปลงทดลอง PLG และ NRT โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด เท่ากับ 60.07 47.65 และ 43.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 137 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดมากที่สุด สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 (ตารางที่ 22 และ ภาพที่ 33)

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด (Oil per wet mesocarp (%)) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Oil per wet mesocarp (%)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	63.48B	55.78A	42.93C	54.06a	-0.98	1.14
118	63.25B	56.40A	35.77D	51.81ab	-2.26	1.61
119	50.07C	45.78B	43.31BC	46.39d	1.26	1.27
130	60.16B	42.48B	48.54AB	50.39bc	1.18	-1.29
132	71.98A	43.76B	39.03CD	51.59ab	-1.97	-2.59
137	51.50C	41.68B	51.42A	48.20cd	2.76	-0.15
Average[5]	60.07a	47.65b	43.50c	50.41		
PCA 1	-2.43	-1.21	3.63			
PCA 2	-2.30	2.88	-0.58			

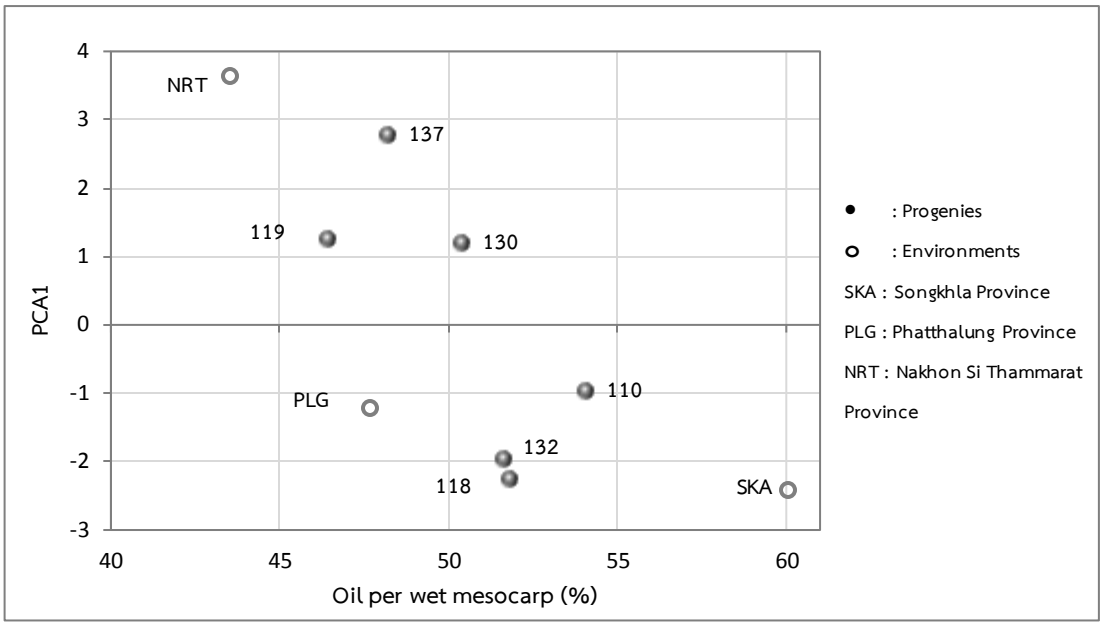
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

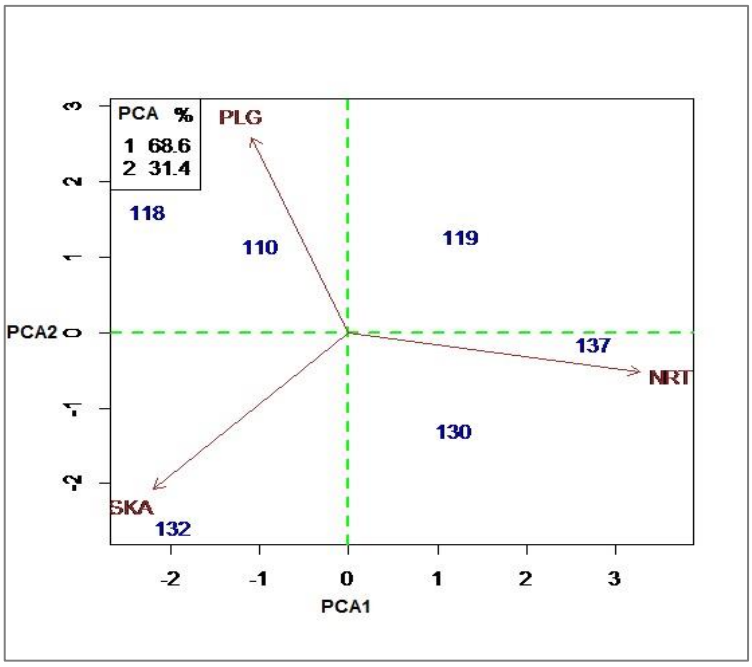
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 32 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดและค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 33 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด

เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง พบว่า สภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 พบว่า สัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 1.18 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 56.23 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 38.25 แสดงว่ามอิทธิพลของจีโนไทป์ ส่งผลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งสูงกว่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมและสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมแยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 87.10 และ 12.90 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งเฉลี่ยสูงกว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 110 และ 130 ซึ่งเป็นกลุ่มที่อยู่ด้านซ้ายของกราฟ โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งเท่ากับ 78.95 73.89 และ 72.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่มีเสถียรภาพค่อนข้างสูงและมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมค่อนข้างต่ำ คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 และ 132 มีค่า PCA1 เท่ากับ 0.40 และ -5.57 เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งเฉลี่ยสูงสุด ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งเฉลี่ยสูงสุดในแปลงทดลอง PLG และ NRT ตามลำดับ สำหรับแปลงทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง SKA รองลงมาคือแปลงทดลอง PLG และ NRT โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง เท่ากับ 71.09 70.51 และ 69.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งมากที่สุด คือ เบอร์ 130 และ132 สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 (ตารางที่ 23 และ ภาพที่ 34)

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง (Oil per dry mesocarp (%)) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Oil per dry mesocarp (%)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	74.08A	74.75B	72.85B	73.89b	0.33	-0.75
118	73.67AB	55.50C	68.00B	65.72d	-2.35	1.85
119	66.47C	58.25C	55.24C	59.99e	-1.29	-1.79
130	72.00ABC	72.25B	73.50B	72.58bc	0.40	0.12
132	73.00ABC	67.50B	69.75B	70.08c	-0.57	-0.06
137	67.33BC	85.79A	83.73A	78.95a	3.47	0.64
Average[5]	71.09a	70.51b	69.01ab	70.20		
PCA 1	-3.49	2.61	0.89			
PCA 2	-0.62	-1.57	2.19			

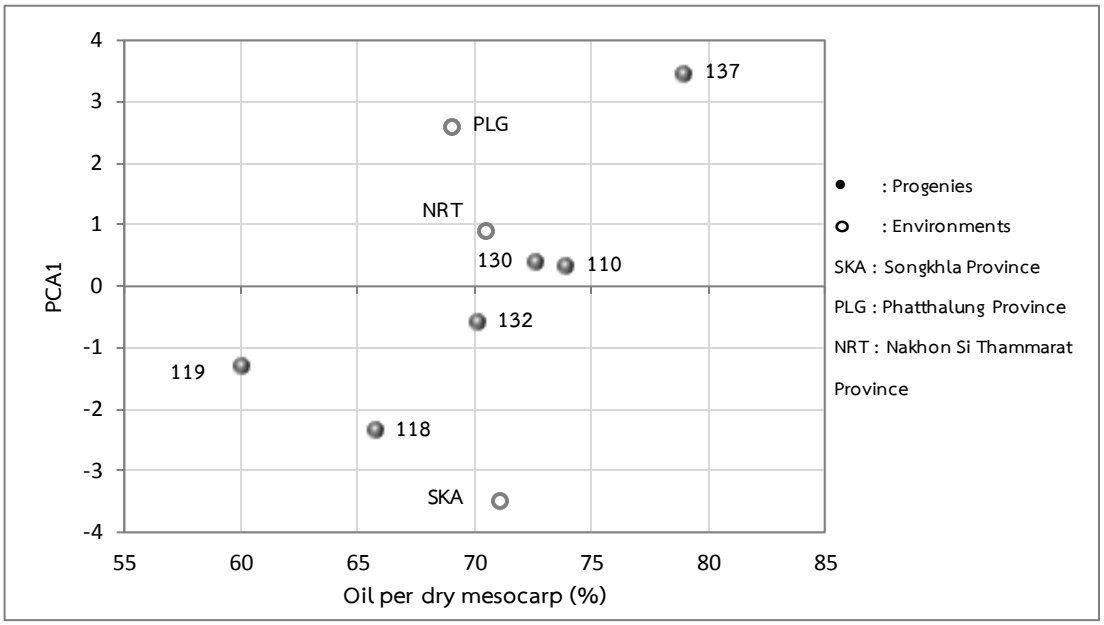
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

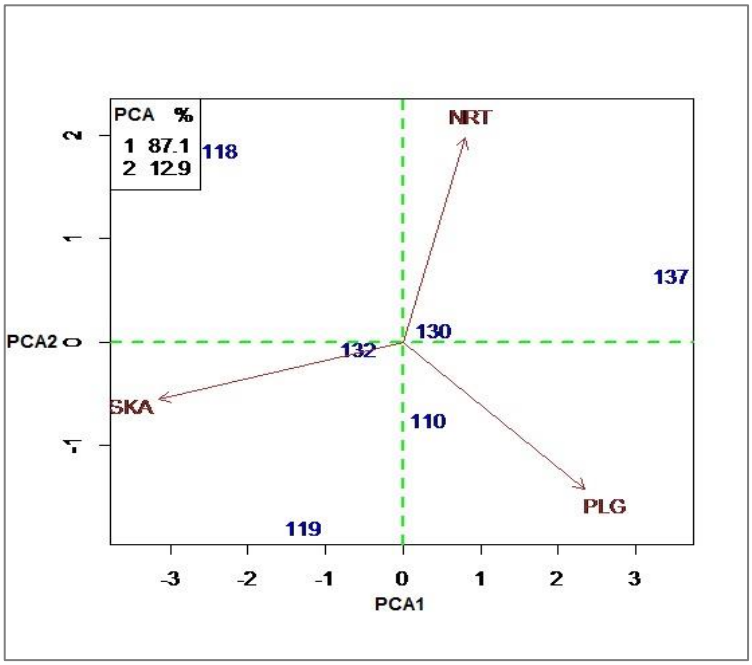
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 35 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง

เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 โดยพบว่าสัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 42.52 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 12.11 และสัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 41.86 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมสูงสุด รองลงมาคืออิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม และจีโนไทป์ (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 60.10 และ 39.90 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลเฉลี่ยสูงกว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลเฉลี่ยทั้งหมดมีจำนวน 4 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 130 132 และ118 โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล เท่ากับ 42.01 38.80 38.78 และ 38.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 มีค่า PCA1 เท่ากับ 0.19 เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลเฉลี่ยสูงสุด ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลเฉลี่ยสูงสุดในแปลงทดลอง PLG และ แปลงทดลอง NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลเฉลี่ยสูงสุด สำหรับแปลงทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลเฉลี่ยสูงสุดเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง SKA รองลงมาคือแปลงทดลอง PLG และ NRT โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล เท่ากับ 43.49 38.12 และ 32.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 130 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT (ตารางที่ 24 และ ภาพที่ 37)

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล (Oil per fruit (%)) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Oil per fruit (%)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	48.32AB	46.09A	31.64BC	42.01a	0.19	1.91
118	46.08B	40.48AB	29.42C	38.66b	0.59	1.23
119	35.74C	39.73B	30.21BC	35.23c	-1.62	0.75
130	42.86B	34.57BC	38.96A	38.80b	-0.30	-2.04
132	52.80A	32.00C	31.54BC	38.78b	2.86	-0.80
137	35.16C	35.84BC	34.90AB	35.30c	-1.73	-1.04
Average[5]	43.49a	38.12b	32.78c	38.13		
PCA 1	3.07	-1.71	-1.36			
PCA 2	0.18	2.31	-2.49			

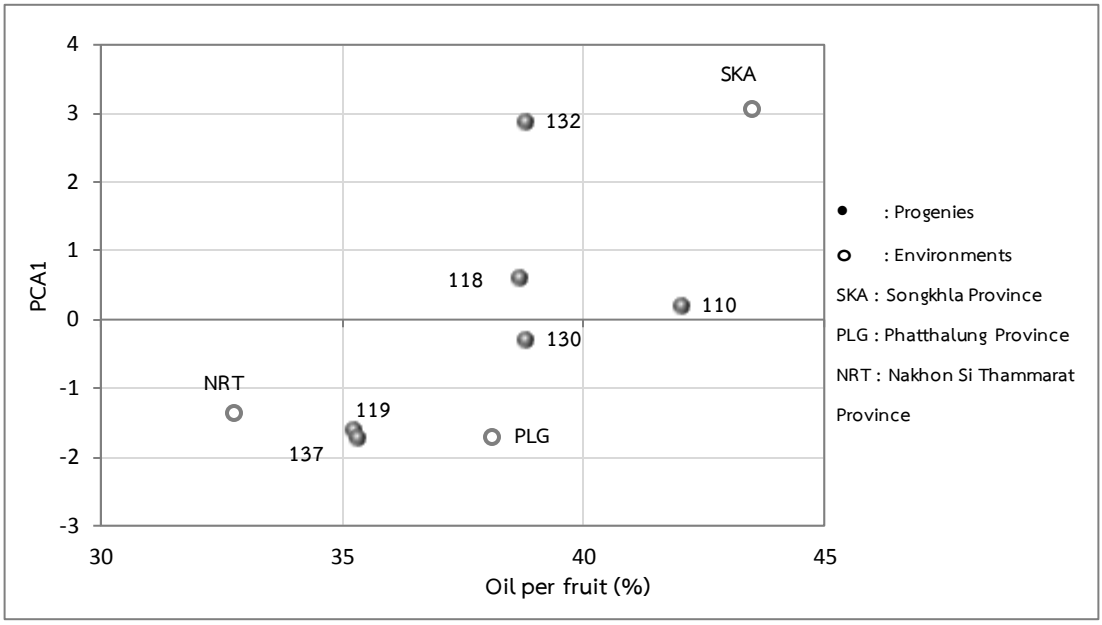
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

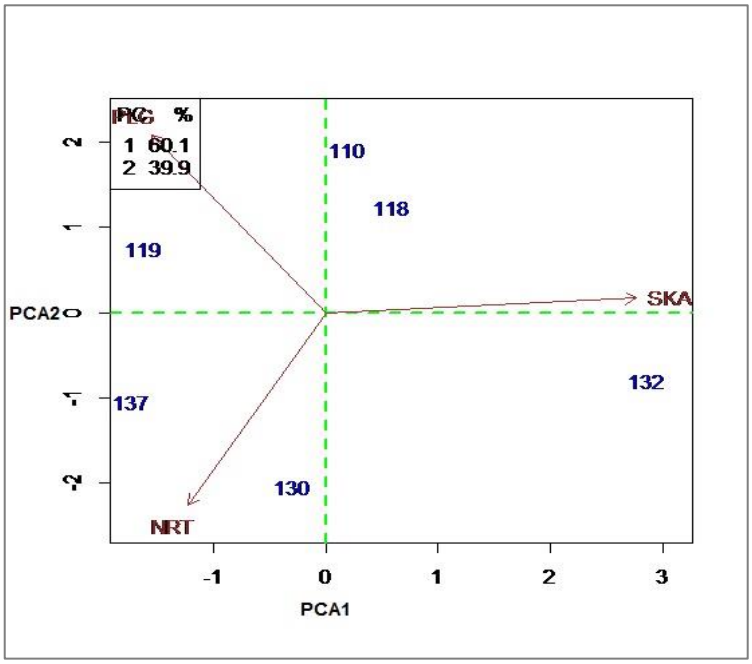
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 36 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 37 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล

เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 พบว่า สัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 48.47 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 11.01 และสัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 30.94 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมสูง รองลงมาคือปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมและอิทธิพลของจีโนไทป์ (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 69.80 และ 30.20 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเฉลี่ยสูงกว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 2 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 และ 137 โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเท่ากับ 32.29 และ 29.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 และ137 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ 0.27 เมื่อพิจารณาในแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA และ PLG ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุด ส่วนแปลงทดลอง NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุด คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 สำหรับแปลงทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง SKA รองลงมาคือแปลงทดลอง PLG และ NRT โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเฉลี่ย เท่ากับ 34.11 27.15 และ 24.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 130 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 และ 137 มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายมากที่สุด (ตารางที่ 25 และภาพที่ 39)

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย (Oil per bunch (%)) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Oil per bunch (%)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	40.68A	32.13A	24.07AB	32.29a	-1.31	1.21
118	30.95BC	28.14ABC	21.39B	26.83b	0.27	1.25
119	28.63C	29.21AB	25.59AB	27.81b	1.59	0.75
130	29.69C	25.36BC	27.68A	27.58b	1.38	-0.89
132	39.33AB	22.64C	21.16B	27.71b	-2.20	-0.77
137	35.36ABC	25.44BC	29.18A	29.99ab	0.27	-1.54
Average[5]	34.11a	27.15b	24.84b	28.70		
PCA 1	-2.67	0.87	1.80			
PCA 2	-0.44	2.10	-1.66			

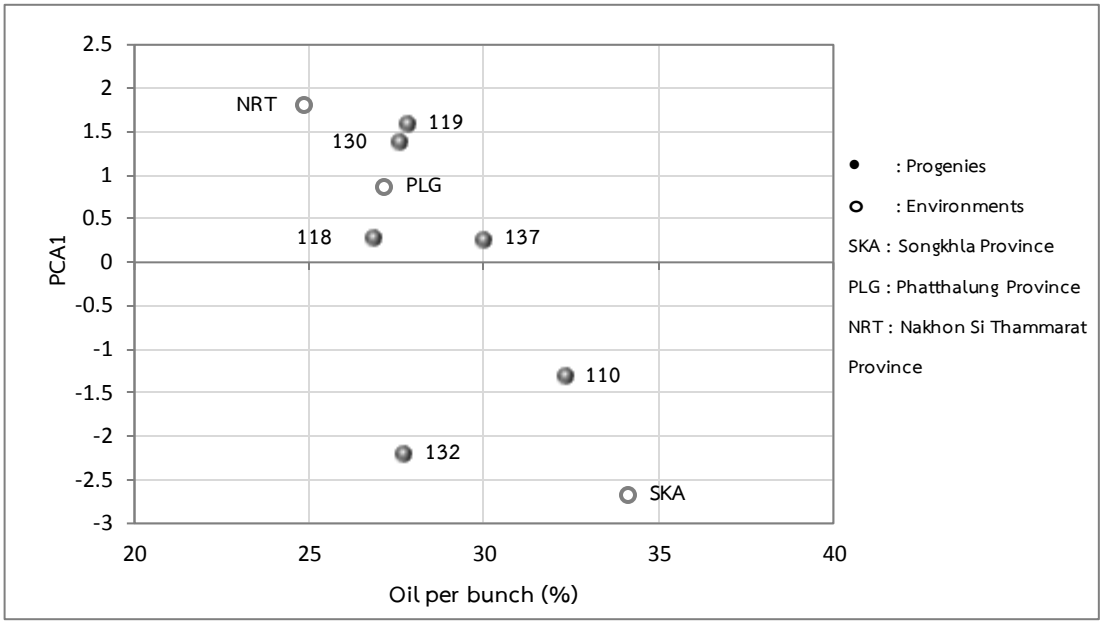
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

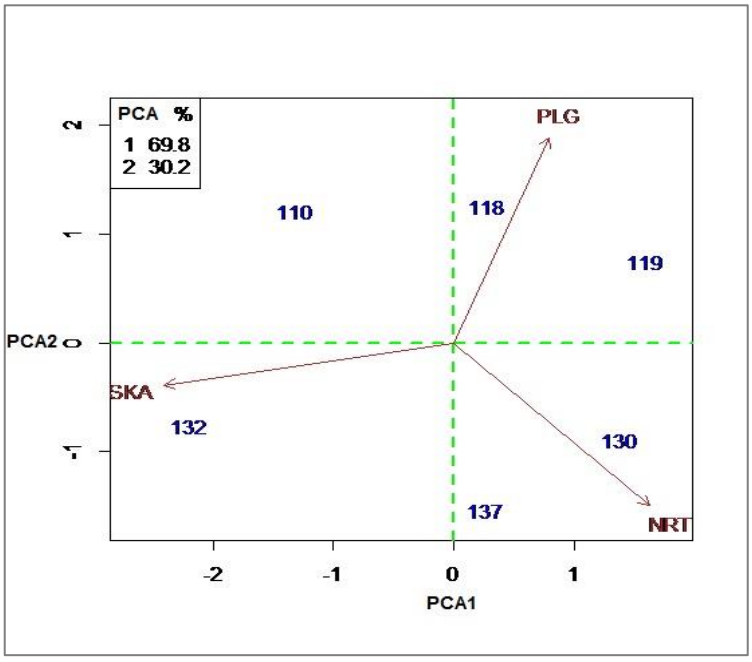
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 38 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 39 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย

ผลผลิตน้ำมัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อม จีโนไทป์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 โดยพบว่า สัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อมมีค่าเท่ากับ 20.63 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์มีค่าเท่ากับ 34.65 และสัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 43.77 แสดงว่าผลผลิตน้ำมันมีอิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมสูง รองลงมาคืออิทธิพลของจีโนไทป์และสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 14) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่าแกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 83.50 และ 16.50 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของผลผลิตน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยสูงกว่าผลผลิตน้ำมันทั้งหมด มีจำนวน 2 จีโนไทป์ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 และ137 โดยมีผลผลิตน้ำมัน เท่ากับ 100.43 และ 80.51 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ 0.83 เมื่อพิจารณาแต่ละแปลงทดลอง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ให้ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยสูงที่สุดทุกแปลงทดลอง สำหรับแปลงทดลองที่ให้ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง PLG รองลงมาคือแปลงทดลอง NRT และ SKA โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ย เท่ากับ 90.36 72.48 และ 71.52 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของผลผลิตน้ำมัน สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์เบอร์ 137 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 มีเสถียรภาพในลักษณะผลผลิตน้ำมันมากที่สุด สังเกตได้จากค่า PCA1 และ PCA2 เข้าใกล้ 0 (ตารางที่ 26 และ ภาพที่ 42)

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำมัน (Oil yield) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Oil yield (kg/palm/year)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	64.70C	102.59B	61.39C	76.23bc	1.54	-2.98
118	85.13AB	75.86D	56.68C	72.55c	-3.16	-1.71
119	44.89D	103.83B	77.44B	75.39c	4.25	0.67
130	89.40A	116.40A	95.50A	100.43a	0.83	-0.08
132	78.13B	54.86E	57.82C	63.61d	-4.16	1.33
137	66.88C	88.60C	86.06B	80.51b	0.70	2.78
Average[5]	71.52b	90.36a	72.48b	78.12		
PCA 1	-5.44	4.22	1.23			
PCA 2	-1.15	-2.57	3.72			

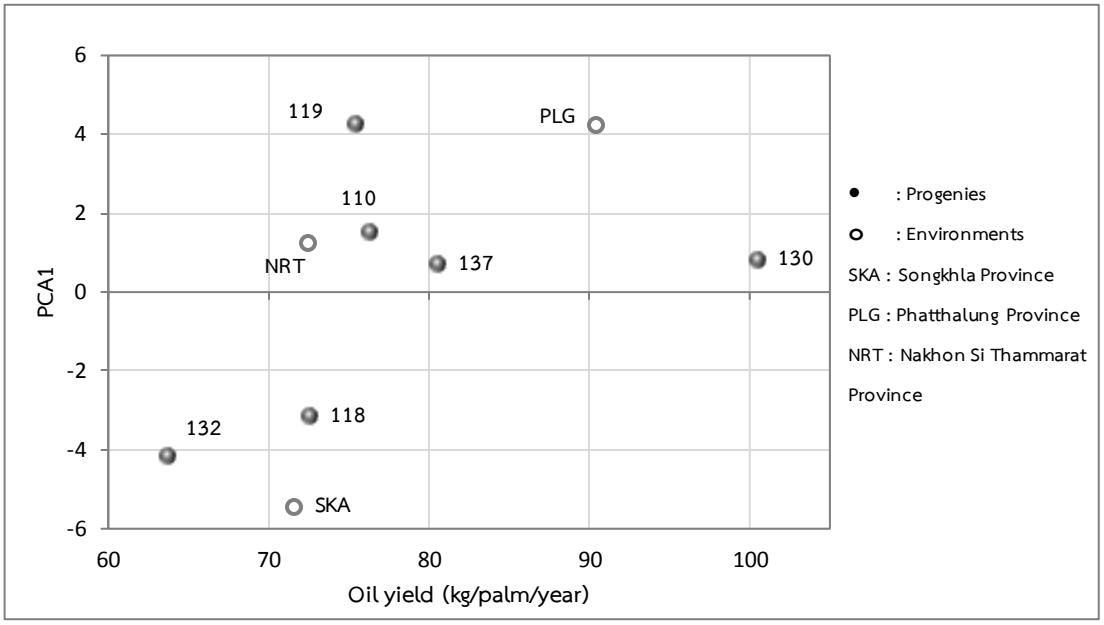
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

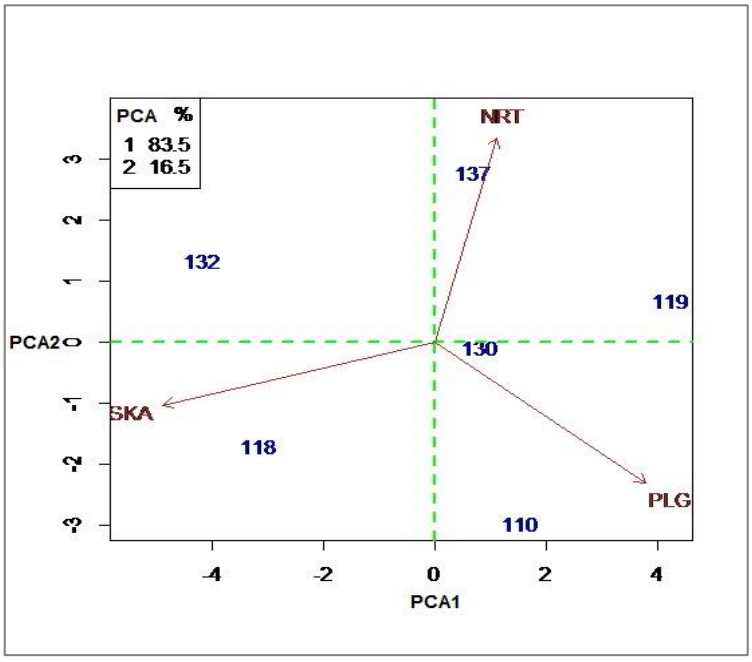
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าผลผลิตน้ำมันของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 40 ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำมัน และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 41 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของผลผลิตน้ำมัน

3. ลักษณะทางการเจริญเติบโต

ความสูงต้น

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะความสูงต้นปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อมและปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติ ขณะเดียวกัน พบว่า จีโนไทป์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าลูกผสมปาล์มที่ต่างกันไม่ทำความสูงต้นแตกต่างกัน และพบว่า สัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อม มีค่าเท่ากับ 69.91 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์ มีค่าเท่ากับ 3.35 และ สัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 8.72 แสดงว่า สภาพแวดล้อม มีอิทธิพลต่อความสูงของต้นปาล์มน้ำมัน ส่วนจีโนไทป์ไม่มีอิทธิพลต่อความสูงของต้นปาล์มน้ำมัน เนื่องจากไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 27) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์และสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่าแกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 93.20 และ 6.00 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความสูงต้นปาล์มน้ำมัน และค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ทั้ง 6 คู่ผสม มีความสูงต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ไม่จำเป็นต้องเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างลูกผสมปาล์มน้ำมัน โดยมีความสูงต้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 322.00 - 345.33 เมตร ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์118 และ 132 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ 0.23 และ -0.61 จัดเป็นจีโนไทป์ที่มีเสถียรภาพสูงมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อมต่ำและเมื่อพิจารณาแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ต้นปาล์มน้ำมันมีความสูงต้นเฉลี่ยต่ำสุด รองลงมาคือ แปลงทดลอง NRT และ PLG โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย เท่ากับ 286.90 333.85 และ 375.00 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 28 และ ภาพที่ 43)

ตารางที่ 27 วิเคราะห์ความแปรปรวนและความเสถียรของลักษณะการเจริญเติบโตโดยวิธีวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและปฏิกิริยาสัมพันธ์แบบผลคูณ

Sources of variation	d.f.	H			RL			LA		
		SS	MS	%SS	SS	MS	%SS	SS	MS	%SS
Environments (E)	2	116,590.00	58295.00***	69.91	28,561.00	14280.30**	16.60	9.65	4.83**	32.71
Genotypes (G)	5	5,586.00	1117.00^{ns}	3.35	72,139.00	14427.90***	41.93	3.56	0.71**	12.05
GxE	10	14,548.00	1455.00**	8.72	15,786.00	1578.60^{ns}	9.17	4.22	0.42*	14.29
PCA1	6	13,558.62	2,259.77***	93.20	-	-	-	3.46	0.58*	84.90
PCA2	4	989.49	247.37^{ns}	6.00	-	-	-	0.76	0.19 ^{ns}	18.10
Error	30	30,040.00	501.00	18.01	55,573.00	926.20	32.30	12.08	0.20	40.94
Total		166,764.00			172059.00			29.51		

หมายเหตุ : H : ความสูงต้น (เมตร)

RL : ความยาวทางใบ (เซนติเมตรต่อต้น)

LA : พื้นที่ใบ (ตารางเมตรต่อต้น)

ns และ *,**,*** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p \leq 0.05, 0.01$ และ 0.001 ตามลำดับ

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยความสูงต้น (Height) และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Height (m)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	312.00B	357.00	304.00	324.33	-4.21	0.03
118	335.00AB	370.00	283.40	329.47	0.23	1.13
119	318.00B	376.00	272.00	322.00	0.69	-3.31
130	332.00AB	369.00	298.00	333.00	-1.65	1.08
132	338.00AB	378.00	296.00	337.33	-0.61	0.33
137	368.00A	400.00	268.00	345.33	5.55	0.74
Average[5]	333.83b	375.00a	286.90c	331.91		
PCA 1	3.41	2.46	-5.87			
PCA 2	2.50	-2.78	0.28			

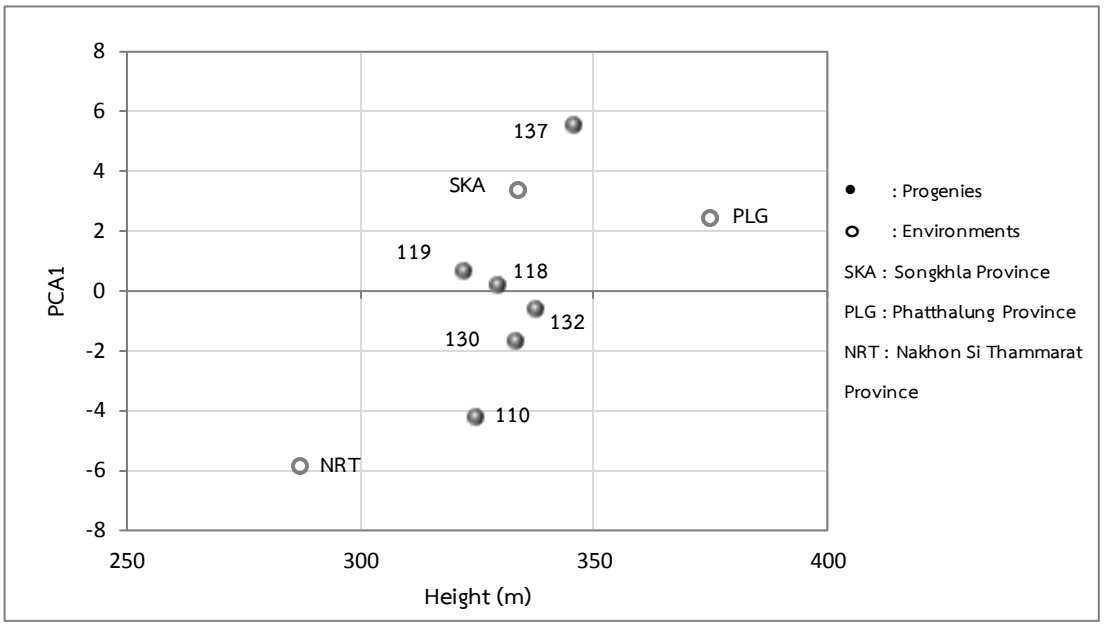
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

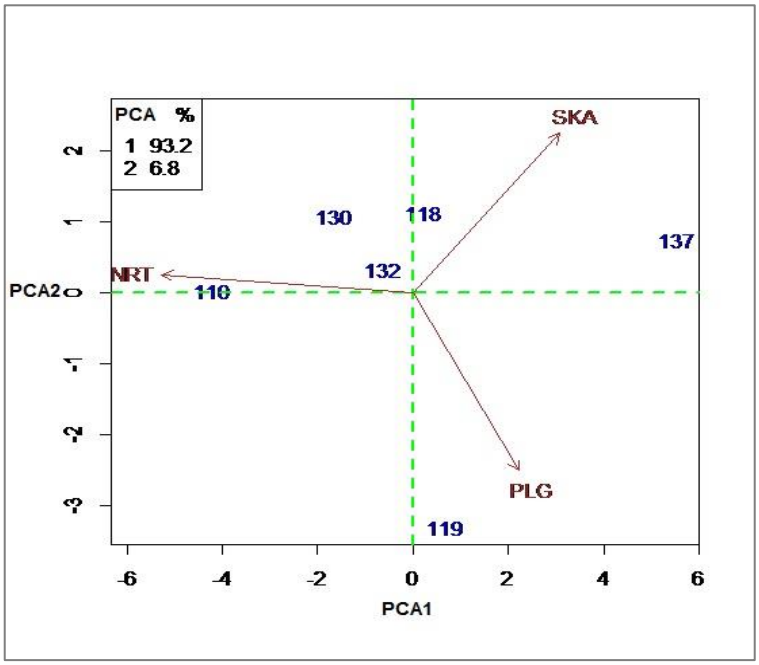
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าความสูงต้นเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ ความสูงต้นเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ ความสูงต้นเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าความสูงต้นของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 42 ค่าเฉลี่ยความสูงต้น และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 43 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของความสูงต้น

ความยาวทางใบ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะความยาวทางใบปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อมและจีโนไทป์ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องวิเคาระห์เสถียรภาพพันธุ์ในลักษณะความยาวทางใบ (ตารางที่ 27)

จากตารางที่ 29 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์มีความยาวทางใบเฉลี่ย เท่ากับ 469.62 เซนติเมตรต่อต้น โดยลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 มีความยาวทางใบเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 526.33 และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 มีความยาวทางใบเฉลี่ยสั้นที่สุด เท่ากับ 441.20 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ พิจารณาแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง NRT มีความยาวทางใบเฉลี่ยสั้นที่สุด รองลงมาคือแปลงทดลอง SKA และ PLG มีความยาวทางใบเฉลี่ย เท่ากับ 455.00 459.17 และ 494.70 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ยความยาวทางใบ (Rachis length) ของลูกผสมปาล์มน้ำมันจำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	Rachis length (cm)			Average[3]
	SKA[2]	PLG[2]	NRT[2]	
110	539.80A	529.80	509.40A	526.33a
118	452.60AB	504.20	482.80AB	479.87b
119	433.00B	496.40	426.40B	451.93b
130	474.00AB	486.60	443.00B	467.87b
132	412.40B	478.00	433.20B	441.20b
137	443.20AB	473.20	435.20B	450.53b
Average[4]	459.17b	494.70a	455.00b	469.62

หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Environments [2] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าความยาวทางใบเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[3] คือ ความยาวทางใบเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[4] คือ ความยาวทางใบเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าความยาวทางใบของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

พื้นที่ใบ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะพื้นที่ใบใบปาล์มน้ำมัน พบว่า สภาพแวดล้อมและจีโนไทป์ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยพบว่า สัดส่วน SS ของสภาพแวดล้อม มีค่าเท่ากับ 32.71 ส่วนสัดส่วน SS ของจีโนไทป์ มีค่าเท่ากับ 12.05 และสัดส่วน SS ของ GxE Interaction มีค่าเท่ากับ 14.29 แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อพื้นที่ใบปาล์มน้ำมันสูงสุด รองลงมาคือปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม และ จีโนไทป์ (ตารางที่ 27) เมื่อนำปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม แยกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ พบว่า แกนองค์ประกอบสำคัญ PCA1 และ PCA2 สามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 84.90 และ 18.10 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใบปาล์มน้ำมันและค่า PCA1 พบว่า กลุ่มของจีโนไทป์ที่มีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ใบเฉลี่ยทั้งหมด มีจำนวน 3 จีโนไทป์ ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 130 และ118 โดยมีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 5.82 5.62 และ 5.59 ตารางเมตรต่อต้น ตามลำดับ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 มีค่า PCA1 ต่ำสุด เท่ากับ -0.11 เมื่อพิจารณาแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA และ NRT ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 มีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุด ส่วนแปลงทดลอง PLG ลูกผสมปาล์มน้ำมันทุกเบอร์ไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับแปลงทดลองที่มีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงทดลอง PLG รองลงมาคือแปลงทดลอง SKA และ NRT โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ย เท่ากับ 5.93 5.46 และ 5.14 ตารางเมตรต่อต้น ตามลำดับ จากแผนภาพ biplot แสดงค่า PCA1 และ PCA2 ของพื้นที่ใบ สามารถอธิบายการปรับตัวของลูกผสมปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง SKA ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง PLG และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ปรับตัวได้ดีกับแปลงทดลอง NRT ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 มีเสถียรภาพในลักษณะพื้นที่ใบสูงที่สุด (ตารางที่ 30 และ ภาพที่ 45)

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม ทั้ง 3 แปลงทดลอง

Progeny[1]	leaf area (m^2)			Average[4]	Score[2]	
	SKA[3]	PLG[3]	NRT[3]		PCA 1	PCA 2
110	5.82A	6.00	5.65A	5.82a	-0.35	0.05
118	5.53AB	5.66	5.58AB	5.59ab	-0.53	0.25
119	4.84B	6.05	4.70B	5.20b	0.52	0.39
130	5.74AB	5.91	5.20AB	5.62ab	-0.13	-0.31
132	5.46AB	5.93	4.95AB	5.45ab	0.11	-0.18
137	5.34AB	6.03	4.73AB	5.37ab	0.36	-0.21
Average[5]	5.46b	5.93a	5.14b	5.51		
PCA 1	-0.20	0.72	-0.51			
PCA 2	-0.48	0.12	0.36			

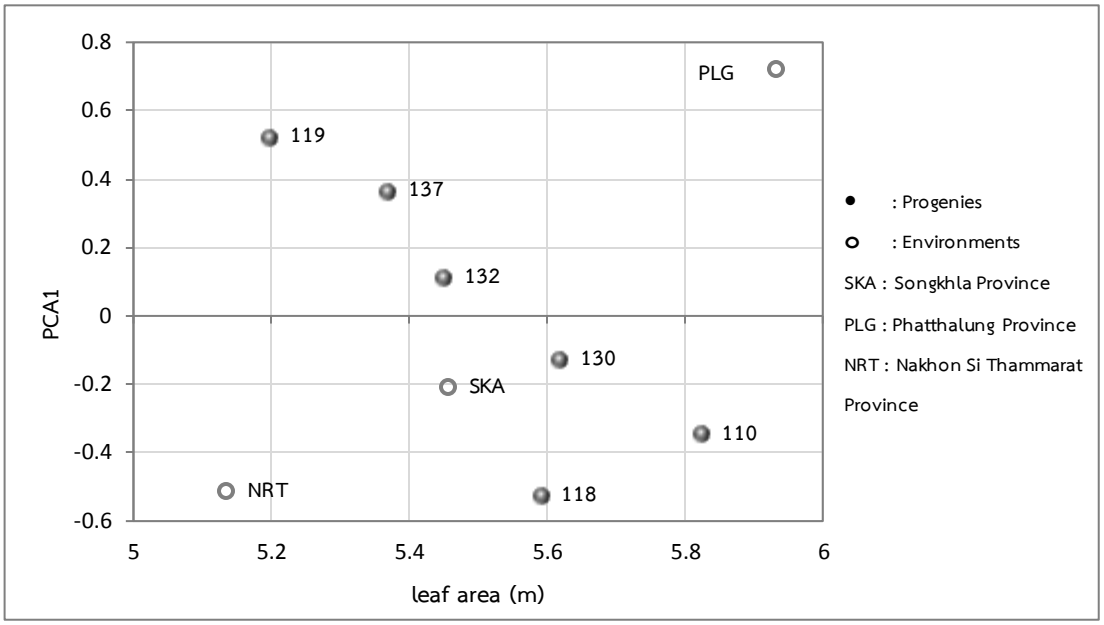
หมายเหตุ : Progeny[1] คือ ลูกผสมปาล์มน้ำมัน

Score[2] คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญโดยที่ PCA1 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 1 และ PCA2 คือ ค่าคะแนนองค์ประกอบสำคัญที่ 2

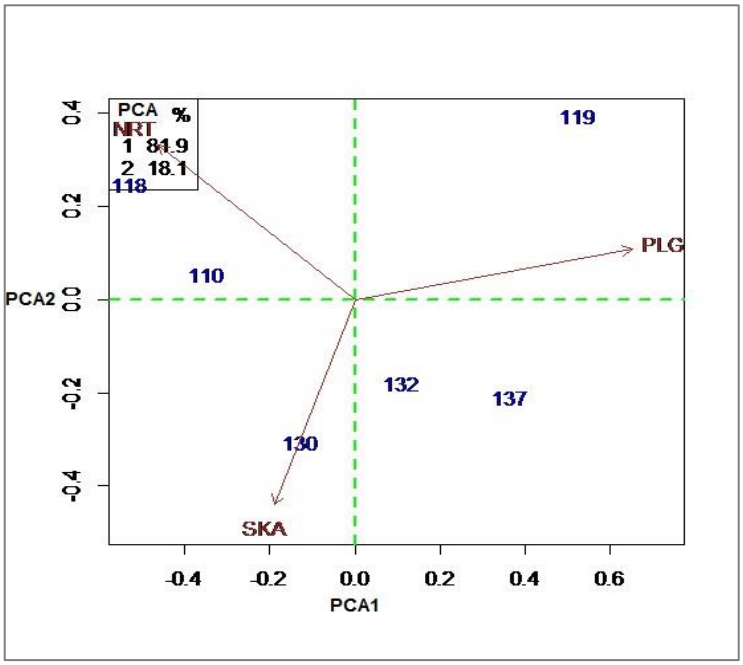
Environments [3] คือ แปลงทดลองที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย SKA คือ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG คือ อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และNRT คือ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในแต่ละแปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าพื้นที่ใบเฉลี่ยของลูกผสมมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

Average[4] คือ พื้นที่ใบเฉลี่ยของลูกผสมแต่ละเบอร์

Average[5] คือ พื้นที่ใบเฉลี่ยของแต่แปลงทดลองหากมีอักษรต่างกัน แสดงว่าพื้นที่ใบของสถานที่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ หากมีอักษรเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 44 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใบ และค่าวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก1 (PCA1) ของลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม และแปลงทดลองทั้ง 3 สถานที่



ภาพที่ 45 แผนภาพสองทิศทางแสดงแกนค่าองค์ประกอบหลัก 1 (PCA1) และองค์ประกอบหลัก 2 (PCA2) ของพื้นที่ใบ

มาตรฐานการคัดเลือกพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราตามกรมวิชาการเกษตร ได้ระบุไว้ว่า ลักษณะที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ ลักษณะผลผลิตทะลายสด เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย เปอร์เซ็นต์เปลือกนอกต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเปลือกนอกสด เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเปลือกนอกแห้ง เปอร์เซ็นต์กะลาผล และเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย (อรรัตน์ และศิริชัย, 2547) ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงปรับใช้มาตรฐานการคัดเลือกพันธุ์ปาล์มน้ำมันตามกรมวิชาการเกษตรเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกและพิจาราณาลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของลูกผสมเทเนอราที่ดีและมีเสถียรภาพพันธุ์

จากตารางที่ 31 แสดงให้เห็นว่าแปลงทดลอง SKA PLG และ NRT เมื่อพิจารณาแต่ละลักษณะ พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 119 130 132 และ 137 สามารถให้ลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจดีที่สุด สำหรับลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 มีเสถียรภาพในลักษณะผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย และลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 มีเสถียรภาพในลักษณะเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลและผลผลิตน้ำมัน

เมื่อพิจารณาลักษณะทางการเกษตรที่ดีแต่ละแปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลอง SKA ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 สามารถให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีในลักษณะผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีในลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย ส่วนลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีในลักษณะผลผลิตน้ำมัน สำหรับแปลงทดลอง PLG พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 สามารถให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีในลักษณะน้ำหนักทะลายเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลายและผลผลิตน้ำมัน ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 130 ให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีในลักษณะผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย ส่วนในลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 ให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีที่สุด และแปลงทดลอง NRT พบว่า ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 ให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีในลักษณะจำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ยและผลผลิตน้ำมัน ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 118 สามารถให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีในลักษณะเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลและเปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย ขณะที่ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 และ 130 ให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีในลักษณะผลผลิตทะลายสดและเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย ตามลำดับ

ตารางที่ 31 ลูกผสมปาล์มน้ำมันที่สามารถให้ลักษณะทางการเกษตรที่ดีที่สุดและลูกผสมปาล์มน้ำมันที่มีเสถียรภาพในแต่ละแปลงทดลอง

Traits	stability			
	specific			Stable
	SKA	PLG	NRT	
Fresh fruit bunch (kg/plant/year)	132	130	119	110
Bunch number (bunch/plant/year)	132	130	137	110
Average bunch weight (kg/bunch)	130	119	137	110
Wet mesocarp per fruit (%)	132	119	118	130
kernel per bunch (%)	130	119	118	110
Oil per bunch (%)	132	118	130	118
Oil yield (kg/palm/year)	132	119	137	130

หมายเหตุ: SKA : แปลงทดลองอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา PLG : แปลงทดลองอำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และ NRT : แปลงทดลองอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

บทที่ 4
วิจารณ์

สมบัติของดินและสภาพภูมิอากาศของแปลงทดลอง

สมบัติทางกายภาพของแปลงทดลอง SKA และ PLG ก่อนปลูกปาล์มน้ำมันเป็นแปลงนาร้าง การระบายน้ำเลว การซึมผ่านได้ของน้ำระดับปานกลาง ส่งผลให้บ้างช่วงมีน้ำท่วมขังเล็กน้อย ซึ่งทั้ง 2 แปลงทดลองมีการยกร่องก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5) โดยมีโครงสร้างของเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ส่วนที่แปลงทดลอง NRT การระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำเร็ว และมีโครงสร้างของเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย เมื่อพิจารณาจากทั้ง 3 แปลงทดลอง พบว่า สภาพพื้นที่มีเหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน (ธีระ และธีระพงศ์, 2556) ขณะที่สมบัติทางเคมีของดิน พบว่า มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมากทั้ง 3 แปลงทดลอง โดยเฉพาะค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ทำให้การแลกเปลี่ยนธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินกับธาตุอื่นๆ เกิดขึ้นน้อย (ตารางที่ 2 และ ตารางที่ 8) ส่งผลให้ผลผลิตทะลายปาล์มทั้ง 3 แปลงทดลองมีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับ ธนนต์ (2558) และธวัชชัย (2560) นอกจากสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินที่ส่งผลให้ผลผลิตทะลายมีความแตกต่าง ยังพบว่า ปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวของฝนเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของปาล์มน้ำมัน จะเห็นผลได้ชัดจากแปลงทดลอง SKA มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในรอบ 5 ปี น้อยกว่าที่ปาล์มน้ำมันต้องการ ส่งผลให้ผลผลิตทะลายเฉลี่ยต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงทดลองอื่น (ตารางที่ 13 และ ภาพที่ 11)

สภาพภูมิอากาศของแปลงทดลองในปี 2553 ช่วงครึ่งปีแรกเกิดสภาวะแล้งแห้งและน้ำท่วมรุนแรงในช่วงครึ่งปีหลัง (ศุภัครชา, 2553 และอรรัตน์, 2558) ขณะที่ช่วงเดือนมีนาคม ปี 2554 เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในภาคใต้ สร้างความเสียหายครอบคลุมพื้นที่ด้านการเกษตรประมาณ 949,017 ไร่ (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2555) รวมทั้งแปลงทดลองที่ทำการวิจัย ทำให้ในปีดังกล่าวมีปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตกสูงสุดทั้ง 3 แปลงทดลอง (ภาพที่ 11) ซึ่งสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของปาล์มน้ำมัน สุรกิตติ และคณะ (2547) รายงานว่า การกระจายตัวของฝนและการขาดน้ำในช่วง 10 เดือนก่อนระยะเก็บเกี่ยว มีผลทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันลดลง โดยช่วงการพัฒนาของทะลายในรอบปีมีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศสะสม มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน 73 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณแสงต่อวัน 67 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกันกับ Corley และ Tinker (2003) รายงานว่า การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันเกิดจากการตอบสนองของแต่ละต้นมีการพัฒนาตาดอกขึ้นภายในต้นอยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสม ส่งผลให้ได้ผล

ผลิตสูงในช่วงระยะหนึ่งแล้วในช่วงต่อมาผลผลิตจะต่ำลงเป็นผลจากความสมบูรณ์ของต้นลดลงหรือมีการแก่งแย่งอาหารระหว่างต้นและภายในต้นเดียวกัน นอกจากนี้ สุนทรีและคณะ (2559) รายงานว่าปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนมีเพียงพอต่อเจริญเติบโตและเลี้ยงทะลายปาล์มน้ำมัน แต่ข้อจำกัดอยู่ในช่วงระยะเวลาที่ไม่มีฝน ฝนทิ้งช่วง หรือ ช่วงแล้ง ที่มีปริมาณน้ำฝนรวมต่ำกว่า 200 มิลลิเมตร ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตของปาล์มน้ำมัน เนื่องจากค่าแรงดึงคายน้ำมีระดับสูง ควบคู่กับการดูดน้ำและธาตุอาหารได้ลดลง การสร้างและส่งสารอาหารจากใบไปเลี้ยงทะลายจึงถูกจำกัดมาก ทั้งต้นต้องใช้อาหารสะสมมากในการดำรงชีพ จึงไม่เกิดการสร้างช่อดอกตัวเมีย ทะลายมีน้ำหนักน้อยจนถึงเกิดการทิ้งให้ทะลายแห้งคาต้น และพบว่าปริมาณน้ำฝนมีสหสัมพันธ์กับจำนวนทะลาย เช่นเดียวกันกับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศช่วงที่มีฝน ส่งผลต่อการติดทะลายเช่นเดียวกัน Rivera-Méndez และคณะ (2012) และ Jazayeri และคณะ (2015) รายงานว่า สภาวะขาดน้ำ จะเข้าไปจำกัดหรือทำลายการทำงานของกระบวนการเมตาบอลิซึมทั้งระบบของปาล์มน้ำมัน เนื่องจากปากใบปิดกระบวนการคายน้ำ และอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง จำกัดการสะสมอาหาร ทำให้ชะงักการเจริญเติบโต (วิภาวี, 2555; กาญจนา และคณะ, 2557; ศาตนันทน์, 2559 และ Cha-um และคณะ, 2013) เช่นเดียวกันกับสภาพน้ำท่วมหรือน้ำท่วมขัง ผลกระทบที่ตามจะคล้ายกับสภาพขาดน้ำ ซึ่งปาล์มน้ำมันสามารถปรับตัวภายใต้สภาพน้ำท่วม โดยการสร้างรากพิเศษ เรียกว่า รากหายใจ (pneumatophore) โผล่ขึ้นมาเหนือผิวดินและช่วยในการหายใจในกรณีที่มีน้ำท่วมขัง แต่ไม่สามารถทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังติดต่อเป็นระยะเวลายาวนาน (Corley and Tinker, 2015) สอดคล้องกับมนต์สรวง และคณะ (2553) และ Rivera Méndez และคณะ (2016) ศึกษาตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันต่อสภาวะน้ำท่วมขัง รายงานว่า การชักนำการเปิดปากใบ ศักย์ของน้ำในใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบ และอัตราการสังเคราะห์แสงลดต่ำลง สำหรับลักษณะทางการเจริญโต เช่น ความสูง จำนวนทางใบ พื้นที่หน้าตัดทางใบ พื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและราก มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน เนื่องจากอัตราการหายใจสูงกว่าการให้น้ำแบบปกติ และเมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้รับน้ำท่วมขังติดต่อกันเป็นระยะเวลา 20 วัน จะเริ่มปรากฏรากหายใจแยกออกมาจากรากหลัก ซึ่งรากหายใจมีการปรับตัว พัฒนาสัดส่วนของแอเรงคิมาเพิ่มขึ้น เพื่อช่วยในการแลกเปลี่ยนอากาศและเลียบแบบการขนย้ายธาตุอาหาร เช่นเดียวกันกับปาล์มน้ำมันต้นโตที่มีการตอบสนองและพัฒนารากให้สามารถทนทาน เจริญเติบโตได้เมื่ออยู่ภายใต้สภาพน้ำท่วมขัง (Corley and Tinker, 2015)

เพราะฉะนั้นการเจริญเติบโต การพัฒนาตาดอก ต่อเนื่องไปจนถึงการสร้างทะลายปาล์มน้ำมันของทั้ง 3 แปลงทดลอง ในปี 2556 – 2557 ที่เริ่มทำการวิจัยและเก็บบันทึกข้อมูลนั้นเป็นผลมาจากสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน การจัดการสวนของเกษตรกร รวมถึงความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศของปี 2553 - 2555 เนื่องจากการพัฒนาการเกิดตาดอกจนถึงระยะเก็บ

เกี่ยวทะลายใช้เวลาประมาณ 3 ปีครึ่ง ส่งผลให้ผลผลิตทะลายในแต่ละแปลงทดลองมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 11)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเสถียรภาพพันธุ์

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม จีโนไทป์และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม มีความแตกต่างทางสถิติที่อย่างมีนัยสำคัญสำคัญ แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมหรือสถานที่และจีโนไทป์ ที่ต่างกันมีอิทธิพลต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต องค์ประกอบทะลาย ผลผลิตน้ำมัน และการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันในแต่ละแปลงทดลอง ยกเว้นลักษณะความสูงต้น ที่ปัจจัยทางจีโนไทป์ไม่ทำให้ลักษณะความสูงมีความแตกต่างทางสถิติความ และลักษณะความยาวทางใบ ที่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับสภาพแวดล้อม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ความแปรปรวนเหล่านี้เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ศักยภาพของแต่ละสายพันธุ์ในแต่ละภาพแวดล้อมแตกต่างกัน (ตารางที่ 10 ตารางที่ 14 และตารางที่ 27) สอดคล้องกับการศึกษาของธนนต์ (2558); Rafii *et al.* (2001;2012); Okoye *et al*. (2008); Ataga (2010) และ Krualee *et al*. (2012) สอดคล้องกับสุดนัย (2556) ศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมและการวิเคราะห์เสถียรภาพของลูกผสมปาล์มน้ำมันปาล์มน้ำมันใน 3 สถานที่ ทางภาคใต้ของไทยในลูกผสมปาล์มน้ำมัน อายุ 4 ปี จำนวน 7 คู่ผสม จากบริษัทเปารงค์ ออยล์ ปาล์ม โดยประเมินเสถียรภาพของพันธุ์โดยวิธีวิเคราะห์อิทธิพลหลักแบบผลบวกและปฏิกิริยาสัมพันธ์แบบผลคูณ (AMMI) พบว่า ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย องค์ประกอบผลผลิตและองค์ประกอบทะลายของพันธุ์ต่าง ๆไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมีอิทธิพลทำให้ลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมปาล์มน้ำมันเหล่านี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สำหรับปัจจัยของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะผลผลิต มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าอิทธพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม มีผลต่อการแสดงออกของผลผลิตปาล์มน้ำมัน เช่นเดียวกันกับ ธวัชชัย และธีระ(2559) ศึกษาความเสถียรภาพของพันธุ์ปาล์มน้ำมัน การให้ผลผลิตที่ดีในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันและปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ปาล์มน้ำมันกับสภาพแวดล้อม (GxE interaction) ของผลผลิต ทำการทดสอบลูกผสมปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี จำนวน 5 คู่ผสม คือ 118 119 130 132 137 และพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ใน 3 อำเภอของจังหวัดสงขลา คือ อำเภอรัตภูมิ อำเภอคลองหอยโข่ง และอำเภอระโนด วิเคราะห์เสถียรภาพของผลผลิตปาล์มน้ำมันของแต่ละพันธุ์โดยใช้โมเดล AMMI วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R พบว่า ลูกผสมที่มีค่าเสถียรภาพสูงในลักษณะผลผลิตทะลายและจำนวนทะลาย คือลูกผสมเบอร์ 130 ลูกผสมมีค่าเสถียรภาพสูงในลักษณะผลผลิตน้ำมันและน้ำหนักต่อทะลาย คือลูกผสมเบอร์ 119 และลูกผสมมีค่าเสถียรภาพสูงในลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย คือลูกผสมเบอร์ 118 และเมื่อ

พิจารณาพันธุ์ในแต่ละสถานที่ พบว่า แปลงอำเภอระโนด พันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ให้จำนวนทะลายน้ำหนักต่อทะลาย ผลผลิตทะลาย เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายและผลผลิตน้ำมันสูงสุด แปลงอำเภอคลองหอยโข่ง ลูกผสมเบอร์ 132 ให้ผลผลิตน้ำมันและน้ำหนักต่อทะลายสูงสุด ส่วนลูกผสมเบอร์ 137 ให้ผลผลิตทะลายและจำนวนทะลายสูงสุด และลูกผสมเบอร์ 119 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายสูงสุด สำหรับแปลงอำเภอรัตภูมิ

จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่า มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GxE interaction) เข้ามาเกี่ยวข้องกับลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของปาล์มน้ำมัน ซึ่งการวิเคราะห์ AMMI แยกปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แผนภาพสองทิศทาง Biplot (ภาพที่ 13 - ภาพที่ 45) สามารถอธิบายภาพรวมและแปลความหมายการตอบสนองของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมได้ชัดเจนและง่ายยิ่งขึ้น ช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกพันธุ์ที่มีเสถียรภาพหรือเหมาะสมต่อพื้นที่ทั้งแบบทั่วไปและแบบเฉพาะเจาะจง (ประวิตร, 2548)

บทที่ 5
สรุปผล

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบลูกผสมปาล์มน้ำมัน จำนวน 6 คู่ผสม ใน 3 สถานที่ทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมปาล์มน้ำมัน และประเมินเสถียรภาพพันธุ์แบบทั่วไปและแบบเจาะจง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์แปรปรวนของพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของปาล์มน้ำมันที่ทำการศึกษา เมื่อพิจารณาเฉพาะลักษณะที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา เช่น ลักษณะผลผลิตทะลาย จำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล เปอร์เซ็นต์เมล็ดในต่อทะลาย เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย และผลผลิตน้ำมัน พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญสำคัญ ส่งผลให้ศักยภาพของลูกผสมปาล์มน้ำมันทั้ง 6 คู่ผสม ตอบสนองแตกต่างกันเมื่อสภาพแวดล้อมแตกต่าง

2. การวิเคราะห์เสถียรภาพพันธุ์ด้วยวิธีการ AMMI สามารถแบ่งลูกผสมปาล์มน้ำมันออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีเสถียรภาพพันธุ์แบบทั่วไป ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 110 สามารถปรับตัวได้กว้าง มีเสถียรภาพพันธุ์สูงเมื่อเปรียบเทียบกับลูกผสมเบอร์อื่นๆ ที่ปลูกทดสอบร่วมกัน สามารถปลูกได้ทั้ง 3 แปลงทดลอง และกลุ่มที่มีเสถียรภาพพันธุ์แบบเจาะจง ได้แก่ ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 119 และ 137 ซึ่งลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 132 เหมาะที่จะปลูกบริเวณอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 119 เหมาะที่จะปลูกบริเวณอำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง และบริเวณอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ลูกผสมปาล์มน้ำมันเบอร์ 137 เหมาะที่จะปลูกมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2555. สถิติสถานการณ์สาธารณภัย ประจำปี พ.ศ. 2554 (ระหว่างวันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม 2554). กรุงเทพฯ: ส่วนวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ ศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย.

กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. ลักษณะและสมบัติชุดดินจัดตั้งในภาคใต้และชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. เข้าถึงได้จาก: http://oss101.ldd.go.th/thaisoils_museum/knownlg/series_S.htm. (เข้าถึงเมื่อ 8 ธันวาคม 2559).

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ม.ป.ป. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564) (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021). เข้าถึงได้จาก: http://www.efe.or.th/datacenter/ckupload/files/aedp25.pdf (เข้าถึงเมื่อ 18 สิงหาคม 2560).

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2556. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. เข้าถึงได้จาก: https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86. (เข้าถึงเมื่อ 20 ธันวาคม 2559).

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา. เข้าถึงได้จาก: https://www.tmd.go.th/services/services.php. (เข้าถึงเมื่อ 30 มีนาคม 2559).

กาญจนา กล้าแข็ง. 2550. บรรยากาศเปลี่ยนแปลง. ว. กสิกร. 80 : 74 - 77.

กาญจนา ทองนะ, พสุ สกุลอารีวัฒนา, ธีรวุฒิ ตุ่นคำ และอุดม คำชา. 2557. การเปรียบเทียบพันธุ์ปาล์มน้ำมัน 6 สายพันธุ์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย. ว. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 1 : 1 - 6.

กิตติศักดิ์ ฉันทวุฒิพร. 2549. เสถียรภาพผลผลิตของคะน้า 10 สายพันธุ์. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2551. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย R. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนนต์ รุ่งนิลรัตน์. 2558. การทดสอบชั่วรุ่นลูกของปาล์มน้ำมันในจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธวัชชัย มรกต. 2560. เสถียรภาพของปาล์มน้ำมันเทเนอราในชั่วรุ่นลูก. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธวัชชัย มรกต และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2559. เสถียรภาพของปาล์มน้ำมันเทเนอราในชั่วรุ่นลูก. ว. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 3 : 23 - 30.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2556. คู่มือปาล์มน้ำมัน. สงขลา: ห้างหุ้นส่วนสามัญหาดใหญ่ ดิจิตอล พริ้นท์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ, นิทัศน์ สองศรี และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2545. รายงานการวิจัยโครงการการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. สงขลา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานรินทร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2554. การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮาส์ จำกัด.

ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2553. คู่มือการปลูกปาล์มน้ำมันแบบก้าวหน้า. ชุมพร: บริษัท วิจิตรภัณฑ์ ปาล์มออยล์ จำกัด.

ประวิตร พุทธานนท์. 2548. ไบโอเมตริกส์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2523. ปาล์มน้ำมัน. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2548. พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ, อารีย์ วรัญญวัฒก์ และปิยะดา ทิพยพ่อง. 2547. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. นครราชสีมา: สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

มนต์สรวง เรืองขนาบ, สุจินต์ แม้นเหมือน, กฤษดา สังข์สิงห์ และระวี เจียรวิภา. 2553. การตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) ต่อสภาวะน้ำท่วมขัง. ว. วิชาการเกษตร. 28 : 43 - 57.

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

วิภาวี บุญยะตุลานนท์. 2555. การตอบสนองของพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) ต่อการให้น้ำในระยะต้นกล้า. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศาตนันทน์ สุจิตโต. 2559. การคัดเลือกลักษณะทนแล้งในพันธุ์ปาล์มน้ำมันระยะต้นกล้า. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศุภัครชา อภิรติกร. 2557. ผลของความแปรปรวนของภูมิอากาศต่อมังคุดนอกฤดูในภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สายัณห์ สดุดี และ บัญชา สมบูรณ์สุข. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ “ผลกระทบของสภาวะโลกร้อนที่มีต่อการผลิตยางพาราในจังหวัดสงขลา (ระยะที่ 2): กรณีศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรชาวสวนยาง”. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.

สุดนัย เครือหลี. 2556. ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม และการวิเคราะห์ความเสถียรของลูกผสมปาล์มน้ำมันในสามสถานที่ ทางภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุนทรี ยิ่งชัชวาล, พรชัย ไพบูลย์ และพรรณี ชื่นนคร. 2559. รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่อง ข้อมูลพื้นฐานด้านชีวฟิสิกส์และธาตุอาหารพืชสำหรับการผลิตปาล์มน้ำมัน. นครปฐม: ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และบริษัท ซีพีไอ อะโกรเทค จำกัด.

สุรกิตติ ศรีกุล, ภิญโญ มีเดช และเกริกชัย ธนรักษ์. 2547. การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน. *ใน* เอกสารวิชาการปาล์มน้ำมัน. หน้า 35 - 60. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบี้ย.

อรรัตน์ วงศ์ศรี และศิริชัย มามีวัฒนะ. 2547. พันธุ์ปาล์มน้ำมันและการปรับปรุงพันธุ์. *ใน* เอกสารวิชาการปาล์มน้ำมัน. หน้า 15 - 34. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบี้ย.

อรรัตน์ วงศ์ศรี. 2558. รายงานชุดโครงการวิจัย แผนงานวิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

อัศมน ลิ่มสกุล, แสงจันทร์ ลิ้มจิรากาล, ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล, นิตยา นักระนาด มิลน์ และบุญชอบ สุทธมนัสวงษ์. 2553. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝนช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย. รายงานการประชุมวชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับภูมิอากาศ ครั้งที่ 1 ความเสี่ยงและโอกาสท้าทายในกลไกการจัดการสภาพภูมิอากาศโลก ณ ศูนย์ประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี จังหวัด นนทบุรี. 19 - 21 สิงหาคม 2553 หน้า 10 – 19.

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. 2548. คู่มือปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ: เพ็ท-แพล้น พับลิชชิ่ง.

Ataga, C.D. 2010. Yield stability study in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) using descriptive method of grouping genotypes. World J. Applied Science and Technology. 2 : 245 - 252.

Becker, H.C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. Euphytica. 30 : 835 - 840.

Becker, H.C. and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant. Breed. 101 : 1 - 23.

Beirnaert, A.D.F. and R. Vanderweyen. 1941. Contribution à l'étude génétique et biométrique des variétés d' *Elaeis guineensis* Jacquin. Bruxelles: I.N.E.A.C.

Blaak, G., L.D. Sparaaij and T. Menendez. 1963. Breeding and inheritance in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Part 2; Methods of bunch quality anlysis. J. W. Afr. Inst. Oil Palm Res. 4 : 146 - 155.

Broekmans, A.F.M. 1975. Growth, flowering and yield of the oil palm in Nigeria. J. W. Afr. Inst. Oil Palm Res. 2 : 187 - 220.

Cha-um, S., N. Yamada, T. Takabe and C. Kirdmanee. 2013. Physiological features and growth characters of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in response to reduced water-deficit and rewatering. Aust. J. Crop Sci. 7 : 432 - 439.

Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2015. Growth, flowering and yield. *In* The oil palm 5th . (eds. R.H.V. Corley and P.B. Tinker). pp.105 - 119. Oxford: Wiley-Blackwell.

Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. Selection and breeding. *In* The Oil Palm 4th. (eds. R.H.V. Corley and P.B. Tinker). pp. 133 - 198. Oxford: Blackwell Science Ltd.,.

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

De Vita, P., A.M. Mastrangelo, L. Matteu, E. Mazzucotelli, N. Virzi, M. Palumbo, M. Lo Storto, F. Rizza and L. Cattivelli. 2010. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genetypes grown in Italy. Field Crop Res. 119 : 68 - 77.

Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6 : 36 - 40.

Finlay, R.W. and G.N. Wikinson. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding. Aust. J. Agric. Res. 14 : 742 - 754.

Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short season maize. I. a descriptive method of grouping genotypes. Can. J. Plant Sci. 58 : 1029 - 1034.

Frey, K.J. 1964. Adaptation reaction of oat strains selected under stress and non-stress environmental conditions. Crop Sci. 4 : 55 - 58.

Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics. 44 : 705 - 715.

Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.

Goh, K. J. 2000. Climatic requirements of oil palm for high yields. Seminar on Managing Oil Palm For High Yields: Agronomic Principles 11th (ed. K.J, Goh), Lumut, Perak. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur, July 2000, pp. 1 - 17.

Henry, P. 1958. Croissance et développement chez *Elaeis guineensis* Jacq. de la germination a la première floraison.Revue Générale de Botanique. 66 : 5 - 34.

Hirsch, P. J. 1980. Relations entre l'appareil végétatif et la production chez le palmier à huile en Cote-d'Ivoire. Oléagineux. 35 : 233 - 237.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press.

Jazayeri, S.M., Y. Rivera, J. Camperos-Reyes, and H.M. Romero. 2015. Physiological effects of water deficit on two oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) genotypes. Agron. Colomb. 33 : 164 - 173.

Krualee, S., S. Sdoodee, T. Eksomtramage and V. Sereeprasert. 2012. Stability of fresh fruit bunch of oil palm cross (*Elaeis guineensis* Jacq.) in southern Thailand. SABRAO J. Breed. Genet. 44 : 1 - 8.

Limsakul, A., S. Limjirakan, T. Sriburi and B. Suthamanuswong. 2011. Trends in temperature and its extremes in Thailand. Thai Environmental Engineering Journal. 25 : 9 - 16.

Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitc. 1986. Stability analysis: where do we stand ?. Crop Sci. 26: 894 - 900.

Mohd Roslan, M.N. and H. Mohd Haniff. 2007. Technique for Determining Water Use Efficiency (WUE) in Oil Palm: MPOB Information Series. No. 354. [Online Available]: http://palmoilis.mpob.gov.my/publications/TOT/TT-354.pdf (Access on 18 July 2016).

Nachit, M.M., M.E. Sorrells, R.W. Zobel, H.G. Gauch, R.A. Fischer and W.R. Coffman. 1992. Association of environmental variables with sites' mean grain yield and components of genotype-environment interaction in durum wheat. J. Genetics & Breeding. 46: 369 - 372.

Okoye, M.N., C.O. Okwuagwu and M.I. Uguru. 2008. Genotype and genotype by environment (GGE) biplot analysis of fresh fruit bunch yield and yield components of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). J. appl. biosci. 8 : 288 - 303.

Okoye, M.N., C.O. Okwuagwu, M.I. Uguru, C.D. Ataga and K.P. Baiyeri. 2011. Modelling fresh fruit bunch yield stability in oil palm using different stability statistics. Int. J. Plant Breed. Genet. 5 : 379 - 387.

Paramananthan, S. 2003. Land selection for oil plam. *In* Oil Plam Management for Large and Sustainable Yields (eds. T.H. Fairhurst and R. Härdter). pp. 27 - 58. Basel: International Potash Institute.

R Development Core Team. 2008. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria : the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. [Online Available]: http://www.R-project.org/. (Access on 10 August 2016).

Rafii, M.Y., B.S. Jalani, N. Rajanaidu, A. Kushairi, A. Puteh and M.A. Latif. 2012. Stability analysis of oil yield in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) progenies in different environments. Genet. Mol. Res. 11 : 3629 - 3641.

Rafii, M.Y., N. Rajanaidu, B.S. Jalani and A.H. Zakri. 2001. Genotype x environment interaction and stability analysis in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) progenies over six locations. J. Oil Palm Res. 13 : 11 - 41.

Rivera Méndez, Y.D., J.C. Cuenca and H.M. Romero. 2016. Physiological responses of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings under different water soil conditions. Agron. Colomb. 34 : 163 - 171.

Rivera Méndez, Y.D., L.M. Chacón, C.J. Bayona and H.M. Romero. 2012. Physiological response of oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortes *versus Elaeis guineensis* Jacq.) to water deficit. Braz. J. Plant Physiol. 24 : 273 - 280.

Simmonds, N.W. 1962. Variability in crop plants, its use and conservation. Biol. Rev. 37 : 422 - 465.

Surre, C. and R. Ziller. 1963. Le palmier à huile. Paris: Maisonneuve et Larose.

Westcott, B. 1987. A method of assessing the yield stability of crop genotypes. J. Arg. Sci. 108 : 267 - 274.

Yates, F. and W.G. Cochran. 1938. The analysis of groups of experiments. J. Arg. Sci. 28 : 556 - 580.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวนิราณี บือราเฮง

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5510630015

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (วิทยาเขตนครศรีธรรมราช)	2551
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (วิทยาเขตหาดใหญ่)	2555

ทุนการศึกษา

ทุนโครงการพัฒนาอาจารย์และบุคลากรสำหรับสถาบันอุดมศึกษา ในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ ประเภททุนการศึกษาหลักสูตรปริญญาเอกภายในประเทศและหลักสูตรปริญญาเอกร่วมในประเทศ - ต่างประเทศ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์ สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนอุดหนุนวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Bueraheng, N., S. Promma and T. Eksomtramage. 2017. Biplot analysis of agronomic and yield trait relations in tenera oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Songklanakarin J. Sci. Technol. 39 : 709 - 714.

Bueraheng, N., S. Sdoodee, J. Anothai and T. Eksomtramage. 2018. Stability of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) progenies on yield and yield components across environments using AMMI analysis. Aust. J. Crop Sci. XX : XX - XX.