ผลของรังสีแกมมาและสารโคลชิซินต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาในปาล์มน้ำมัน

Effect of Gamma – ray and Colchicines on Morphological Change in Oil Palm

สุนัตดา แดงหย้ง

Sunatda Dangyong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Plant Science
Prince of Songkla University
2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของรังสีแกมมาและสารโคลชิซินต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาในปาล์มน้ำมัน

ผู้เขียน นางสาวสุนัตดา แดงหยัง

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินิจ เสรีประเสริฐ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ดร.เสาวภา ด้วงปาน)

.....กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินิจ เสรีประเสริฐ)

.....กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล เหล่าสุวรรณ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจาการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอแสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

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

ลงชื่อ.....
(นางสาวสุนัตดา แดงหยั้ง)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวสุนัตดา แดงหยั้ง)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของรังสีแกมมาและสารโคลชิซินต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาในปาล์มน้ำมัน

ผู้เขียน นางสาวสุนัตดา แดงหย้ง

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มี 2 การทดลอง คือ 1 เพื่อชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ และสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานของปาล์มน้ำมันในระยะกล้า โดยใช้เมล็ดงอกปาล์มน้ำมันพันธุ์ลูกผสมเทเนอราจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ 6 ระดับความเข้มข้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เป็นจำนวน 5 ซ้ำ ๆ ละ 10 เมล็ด พบว่าค่า LD_{50} ที่เหมาะสมแก่การรอดชีวิตของเมล็ดงอก ปาล์มน้ำมัน คือ 1.04 Krad ลักษณะการเจริญเติบโต(จำนวนใบรูปหอก จำนวนใบรูปสองแฉก ความสูงต้น ขนาดโคนต้น ความยาวใบ)ในแต่ละระดับความเข้มข้น มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเจริญเติบโตกับความเข้มข้นของรังสี (ความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้น จำนวน ใบรูปหอก) มีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับระดับความเข้มข้น (r = -0.76* -0.77* -0.77*และ -0.70* ตามลำดับ)

การศึกษาที่ 2 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 3 ปี ที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน ซึ่งปลูกทดลองที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผน CRD (Factorial Experiment in CRD) มี 2 ปัจจัย คือ ระดับความเข้มข้นของสารโคลชิซินมี 3 ระดับ (2.5 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์) และระยะเวลาในการแช่สาร 5 ระยะเวลา (3 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง) เปรียบเทียบกับปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ไม่แช่สารโคลชิซิน แต่ละทรีทเมนต์ทำการสุ่มวัดจำนวน 5 ต้น ซ้ำละ 1 ต้น เพื่อบันทึกลักษณะทางการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความยาวทางใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งทางใบ ความกว้างเซลล์คุม ความยาวเซลล์คุมและ ความหนาแน่นเซลล์คุม ผลการศึกษา พบว่าลักษณะการเจริญเติบโตในแต่ละระดับความเข้มข้นและในแต่ระยะเวลามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยปาล์มน้ำมัน ที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน ที่ระดับความเข้มข้น

2.5 มิลลิโมลาร์ ใช้เวลาในการจุ่มแช่สาร 48 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตดีที่สุด สำหรับการประเมินสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ กับความสูงลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความยาวทางใบ พื้นที่ทางใบ น้ำหนักแห้งทางใบ ความกว้างเซลล์คุม และความยาวเซลล์คุมพบว่า มีความสัมพันธ์ในทางบวก อย่างมีนัยสำคัญ (r = 0.64** 0.57** 0.67** 0.47* 0.34*และ 0.30 ตามลำดับ)

Thesis Title	Effect of Gamma – ray and Colchicines on Morphological Changes in Oil Palm
Author	Miss. Sunatda Dangyong
Major Program	Plant Science
Academic Year	2015

Abstract

This research has two objectives. The first objective was to study the induction for mutation and observe the changes of morphological characters of tenera seedling of oil palm at Prince of Songkla University. The seedlings were induced for mutation by gamma radiation at six concentrations : 0, 1, 2, 3, 4, 5 Kilorad. The treated seedlings were tested in the completely randomized design with five replications. Each replication consisted of 10 seedlings. It was found that the LD_{50} was 1.04 Krad. Agronomic characters, including number of lanceolate leaves, number of bifurcate leaves, plant height, stem size, the length of bulb, the width of bulb, among different concentrations were significantly different ($P < 0.01$) . The concentrations were significantly and negatively associated with morphological characters including the width of leaves, leaf length, plant height and number of lanceolate leaves with r = - 0.76*, - 0.77*, -0.77* and – 0.70*,respectively. The second objective was to study the morphological change of three years old tenera oil palm which were treated with colchicine at 2.5, 5.0, and 7.5 Mm at Klong Hoi Khong Research Station. Two factors including 3 levels of colchicine and 5 durations of soaking time (3, 6, 12, 24 and 48 / hrs) were arranged in a factorial manner and were tested in a randomized complete block design 5 replications. One plant was sampled from each plot within each replication to measure growth characters including plant height, trunk size, leaf length, leaf area, leaf dry weight, stomata width, stomata length and stomata density. It was found that the growth characters at each concentration and a duration differed significantly ($P < 0.01$). Oil palm treated with 2.5 mM for 48 hrs gave the best growth. The correlations

between plant height and trunk size, leaf length, leaf area, leaf dry weight, stomata width, stomata length, stomata density were positive and significant.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(12)
บทที่	
1.บทนำ	
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	26
2.วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	27
3.ผล และวิจารณ์	35
4.สรุป	71
เอกสารอ้างอิง	73
ประวัติผู้เขียน	81

รายงานตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างพืชที่ประสบความสำเร็จจากการใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์	18
2	ปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมในการปรับปรุงพันธุ์พืชบางชนิดโดยชักนำให้เกิดการกลาย	20
3	เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของรังสีและสารเคมี	22
4	วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองในแผนสุ่มสมบูรณ์ CRD	29
5	วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยในแผนสุ่มสมบูรณ์ CRD	32
6	ผลของรังสีแกมมาต่อการรอดชีวิตของกล้าปาล์มน้ำมัน	35
7	ค่า %correct mortality ของปาล์มน้ำมันที่ฉายรังสีแกมมาที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (90 วัน)	36
8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น (1 เดือน)	37
9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น (3 เดือน)	38
10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น (6 เดือน)	38
11	ผลของรังสีแกมมาต่อการปรากฏใบแรกและการสร้างใบชนิดต่างๆของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน	40
12	ผลของรังสีแกมมาต่อความสูงของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน	42
13	ผลของรังสีแกมมาต่อความกว้างใบของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน	43
14	ผลของรังสีแกมมาต่อความยาวใบของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน	44
15	ผลของรังสีแกมมาต่อขนาดโคนต้นของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน	45
16	ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา (อายุ 1 เดือน)	46
17	ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา (อายุ 3 เดือน)	47

รายงานตาราง

ตารางที่		หน้า
18	ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา (อายุ 6 เดือน)	48
19	จำนวนต้นที่ผิดปกติของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน (อายุ 3 เดือน)	51
20	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางการเจริญเติบโต	52
21	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเซลล์คุม	53
22	ค่าเฉลี่ยความสูง (ซม.) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน	55
23	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน	56
24	ค่าเฉลี่ยความยาวทางใบ (ซม.) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน	58
25	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ ($ม^2$) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน	59
26	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งทางใบ (กก/ต้น/ปี) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน	57
27	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งทางใบ (กก/ต้น/ปี) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน	61
28	ค่าเฉลี่ยความกว้างเซลล์คุม (ไมโครเมตร) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน	65
29	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเซลล์คุม (เซลล์คุม/มม.) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน	67
30	ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน	69

รายงานภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครโมโซมปาล์มน้ำมันจากปลายรากในระยะเมทาเฟส	13
2	ค่า LD_{50} ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเมื่ออายุ 90 วัน	36
3	ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะผิดปกติทางสัณฐานวิทยา(อายุ 1 เดือน)	50
4	ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะผิดปกติทางสัณฐานวิทยา(อายุ 3 เดือน)	51
5	ผลของสารโคลชิซินต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเซลล์คุมปาล์มน้ำมัน	70
6	ผลของสารโคลชิซินต่อลักษณะความหนาแน่นของเซลล์คุมปาล์มน้ำมัน	70

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันชนิดเดียวของประเทศไทยที่มูลค่าทางเศรษฐกิจสูงสุดเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ เช่น ถั่วเหลือง มะพร้าว (ธีระ, 2556) ปัจจุบันเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจระดับโลกทั้งด้านเป็นพืชอาหารและเป็นพืชพลังงานเนื่องจากน้ำมันปาล์มที่สกัดได้สามารถนำไปผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่ สูงเป็นอันดับ 1 เมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆทุกชนิด (ธีระ, 2554) พันธุ์การค้าที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือพันธุ์ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์ ดูรา (Dura) และพ่อพันธุ์ พิสิเฟอรา (Pisifera) ได้ลูกผสมพันธุ์ เทเนอรา (Tenera) ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นผสมข้ามสำหรับการขยายพันธุ์โดยเมล็ด เริ่มให้ผลผลิตนับจากวันปลูกลงแปลงประมาณ 3 ปี และให้ผลผลิตอย่างต่อเนื่องนานกว่า 25 ปี (ธีระ และคณะ, 2544, ธีระ, 2548)

การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ดีในปัจจุบันมีข้อจำกัดเกี่ยวกับเชื้อพันธุกรรมที่ค่อนข้างแคบ (Kushairi and Rajanaidu, 2000) การจัดการเกี่ยวกับยีนและโครโมโซมโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถขยายฐานพันธุกรรมของปาล์มน้ำมันได้ (Thao *et al*., 2003) สำหรับการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ของพืชโดยการใช้รังสีแกมมาและสารโคลชิซินมักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถคาดเดาการเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงระดับโครงสร้างยีนและโครโมโซม อาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางฟีโนไทป์ (phenotype) ต่างๆกัน เช่น มีขนาดของผลใหญ่ขึ้น ผลผลิตเพิ่มขึ้น ทนต่อสภาพอากาศมากขึ้น สามารถต้านทานเชื้อโรคบางชนิด (สิทธิพงษ์ และธีระ, 2553) ซึ่งส่งผลให้มีฐานพันธุกรรมที่กว้างขึ้นได้เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์พืช การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันมุ่งหวังลักษณะการให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น อัตราการเพิ่มความสูงในรอบปีช้าลง และการให้ผลผลิตที่ยาวนานขึ้น หรือลักษณะพิเศษอื่นๆ การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดสอบขั้นต้นที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความมีชีวิตรอด ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ภายหลังการฉายรังสีที่ความเข้มข้นต่างกันในเมล็ดงอก ส่วนการศึกษาผลการใช้

สารโคลชิซินในปาล์มน้ำมันเพื่อศึกษาการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมในแปลงปลูก ผลที่ได้จะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับทดสอบในแปลงปลูกเพื่อดูการสร้างผลผลิตต่อไป

การตรวจเอกสาร

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นผสมข้าม พืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีอายุยืนยาว (perennial crop) จำแนกอยู่ในวงศ์ (family) Palmae หรือ Arecaceae และอยู่ในสกุล (genus) *Elaeis* มีโครโมโซม *2n=2x=32* เดิมมีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกาตอนกลาง แหล่งรวบรวมพันธุ์อยู่ที่ประเทศ Guinea แอฟริกาตะวันตก (Corley and Tinker, 2003) ปาล์มน้ำมันมี 3 ชนิด คือ *E. guineensis*, *E. oleifera* และ *E. odora* มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ในปัจจุบันปาล์มชนิดนี้เรียกว่า African oil palm สายพันธุ์ของปาล์มชนิดนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ ดูรา เทเนอรา และ พิสิเฟอรา โดยอาศัยความแตกต่างของลักษณะความหนาของกะลา (shell) การปรากฏของเส้นใยสีน้ำตาลบริเวณเนื้อปาล์ม (mesocarp) รอบๆ กะลา และความหนาของเนื้อปาล์มชั้นนอก (Beirnaert and Vanderweyen, 1941 อ้างโดย Kushairi *et al.*, 2000) ความหนาของกะลาแยกออกเป็น 3 แบบดังนี้ (ธีระ และคณะ, 2544 ; ธีระ, 2548)

1) แบบดูรา กะลาหนา (Sh Sh) 5 - 6 มิลลิเมตร กะลามีสีเทาเข้ม ไม่มีเส้นใยสีน้ำตาลรอบกะลา

2) แบบเทเนอรา กะลาหนา (Sh sh) 1 - 2 มิลลิเมตร กะลามีสีเทาเข้ม มีเส้นใยสีน้ำตาลรอบกะลา

3) แบบพิสิเฟอรา กะลาบาง(sh sh) น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร กะลามีสีขาวนวล มีเส้นใยสีน้ำตาลรอบกะลา (ธีระ, 2554)

E. oleifera ชื่อเดิมคือ *E. melanoccoca* มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบประเทศต่าง ๆ ทางภาคเหนือของลุ่มแม่น้ำอะเมซอนของทวีปอเมริกาใต้ติดต่อไปถึงทวีปอเมริกากลาง บริเวณประเทศคอสตาริกา เรียกปาล์มน้ำมันชนิดนี้ว่า American oil palm ไม่นิยมปลูกเป็นการค้า เนื่องจากมีการเจริญเติบโตช้า ผลมีขนาดเล็กและให้ผลผลิตน้ำมันต่ำกว่าปาล์มน้ำมันชนิด *E. guineensis* ปาล์มชนิดนี้นิยมใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ *E. guineensis* ให้มีลักษณะต้นเตี้ย

E. odora ชื่อเดิมคือ *Barcella odora* พบบริเวณเดียวกับ *E. oleifera* แถบลุ่มแม่น้ำอะเมซอน ความสำคัญของปาล์มกลุ่มนี้ยังไม่มีรายงาน

1.ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1.1 ราก

ปาล์มน้ำมันมีระบบรากแบบรากฝอย (fibrous root system) ประกอบด้วยรากชุดต่างๆประมาณ 4 ชุด รากชุดต่างๆทำหน้าที่ช่วยค้ำจุนลำต้น ดูดซับน้ำและอาหาร รากชุดแรกที่อยู่ในระดับแนวนอนใต้ผิวดิน (horizontal) ยาวประมาณ 3 - 4 เมตรจากลำต้น ส่วนรากชุดแรกที่อยู่แนวดิ่งลึกลงดิน (vertical descending) ยาวประมาณ 1 - 2 เมตรจากผิวดิน สำหรับรากชุดที่สอง สาม และสี่ จะเกิดขึ้นเรียงตามลำดับ มีทิศทางเกิดทั้งระดับแนวนอน (vertical ascending) โดยทั่วไปรากชุดที่สอง สาม และสี่ เกิดมากที่ระดับความลึก 30 - 50 เซนติเมตร จากผิวดิน ทำให้รากบริเวณนี้มีบทบาทสำคัญมากในการดูดซับน้ำและอาหารที่ปาล์มนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต (Jourdan and Rey, 1997)

1.2 ลำต้น

ลำต้นมีลักษณะตั้งตรง ไม่มีกิ่งแขนงมีจำนวนข้อและปล้องที่ถี่มาก แต่ละข้อมีหนึ่งทางใบเกิดเวียนเป็นเกลียวรอบลำต้น (spiral) พบมีทั้งการเวียนซ้ายและเวียนขวา (ธีระ, 2548) ลำต้นของปาล์มน้ำมันทำหน้าที่สำคัญในการชูใบให้รับแสงเพื่อสังเคราะห์อาหาร ลำเลียงน้ำและอาหารโดยผ่านทางกลุ่มมัดท่อน้ำและท่ออาหาร (ธีระ, 2554)

1.3 ใบหรือทางใบ

ปาล์มน้ำมันที่โตเต็มที่มีใบเป็นใบประกอบแบบขนนก (pinnate) ทางใบแบ่งออกเป็นสามส่วนได้แก่ แกนกลางใบ ก้านใบ และใบย่อย ใบของปาล์มน้ำมันพัฒนาจากตาใบ (leaf bud หรือ primordial) ที่อยู่บริเวณด้านข้างของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของลำต้น มีประมาณ 40 - 60 ตาใบ (ธีระ, 2554) เมื่อปาล์มน้ำมันโตเต็มที่ทางใบอาจจะยาว 6 – 9 เมตร แต่ละทางใบจะมีใบย่อย 250 – 400 ใบย่อย ทางใบจะเกิดเป็นลักษณะเกลียวรอบต้น จะเห็นได้เมื่อตัดใบจนถึงโคนใบออก การเกิดของทางใบทั้งเวียนซ้ายและเวียนขวา สำหรับใช้นับอายุของต้นปาล์ม เช่น ชั้นของทางใบมี 3 – 4 ชั้น หมายถึงต้นปาล์มมีอายุ 1 ปี (เอกชัย, 2548) Corley และคณะ (1971) กล่าวว่า ใบเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยส่งผลต่อการติดทะลายและขนาดของทะลายเนื่องจากเป็นส่วนที่สะสมของน้ำหนักแห้ง

1.4 ช่อดอกปาล์มน้ำมัน

ช่อดอกปาล์มน้ำมันเกิดจากตาดอก (floral bud) ที่บริเวณซอกมุมใบที่ติดกับต้น ปาล์มน้ำมันมีทั้งช่อดอกตัวเมียและช่อดอกตัวผู้บนต้นเดียวกันแต่เกิดในตำแหน่งของใบที่แตกต่างกันในปาล์มน้ำมันที่อายุยังน้อยอาจสังเกตพบช่อดอกแบบผสมและช่อดอกกะเทย (mixed or hermaphrodite inflorescences) ช่อดอกแบบผสมคือ มีทั้งช่อดอกย่อย (spikelet) ตัวผู้และตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน ส่วนช่อดอกกะเทยคือ มีทั้งดอกตัวผู้ (male flower) และดอกตัวเมีย (female flower) อยู่ในช่อดอกย่อยตัวผู้หรือตัวเมียเดียวกันและแต่ละดอกมีการพัฒนาทั้งสองเพศ โครงสร้างช่อดอกตัวเมียและช่อดอกตัวผู้ ประกอบด้วย ก้านช่อดอก (peduncle) ลักษณะอวบใหญ่และแข็ง และมีช่อดอกย่อยจัดเรียงเป็นเกลียวรอบแกนกลางช่อดอก (inflorescence rachis) ช่อดอกย่อยมีจำนวนแปรปรวนตามอายุและตำแหน่งที่เกิดบนแกนกลางช่อดอก (Corley and Gray, 1976)

การพัฒนาของช่อดอกตั้งแต่ระยะตาดอกที่อยู่ในซอกมุมใบจนระยะแก่เก็บเกี่ยวทะลายปาล์มได้ ใช้ระยะเวลายาวนานประมาณ 42 - 44 เดือน หรือประมาณ 3 ปีครึ่ง ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดเพศของช่อดอก นอกจากเป็นลักษณะประจำพันธุ์แล้ว ยังมีปัจจัยของสภาพแวดล้อมและการจัดการสวนเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ปริมาณสมดุลของธาตุอาหารทั้งในดินและใบปาล์ม ปริมาณและการกระจายของฝน ความชื้นดิน และการตัดแต่งใบ เป็นต้น โดยทั่วไปสัดส่วนเพศระหว่างช่อดอกตัวเมียต่อช่อดอกตัวผู้สำหรับปาล์มน้ำมันที่เริ่มให้ผลผลิต (อายุน้อย) ประมาณ 3 : 2 และสัดส่วนนี้จะเปลี่ยนไปเป็น 1 : 2 – 1 : 3 เมื่อปาล์มมีอายุมากขึ้นตามลำดับ (Corley and Gray, 1976)

1.5 ผลและเมล็ด

ผลปาล์มไม่มีก้านผล (sessile fruit) ผลมีขนาดรูปร่างแปรปรวนตั้งแต่กลม รูปไข่ ถึงยาวรี บริเวณส่วนปลายผลมักจะมีส่วนของยอดเกสรเพศเมียลักษณะแห้งแข็งสีดำติดอยู่ขณะที่ผลสุกแก่ ผลปาล์มปกติซึ่งเกิดอยู่ชั้นนอกของช่อดอกย่อย ประกอบด้วย ผนังผลหรือผนังผลชั้นนอก (pericarp หรือ exocarp) เนื้อปาล์มหรือผนังผลชั้นกลาง (pulp หรือ mesocarp) กะลา (endocarp) เยื่อหุ้มเมล็ด เนื้อในเมล็ด และเอ็มบริโอ น้ำมันที่นำมาใช้ประโยชน์สกัดมาจากส่วนของผลปาล์ม 2 ส่วน คือ ส่วนแรกน้ำมันจากเนื้อปาล์ม (mesocarp oil) และส่วนที่สองน้ำมันจากเนื้อในเมล็ด (kernel oil) (ธีระ, 2554)

1.6 เมล็ดงอกและต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

เมล็ดของปาล์มน้ำมันในธรรมชาติปกติมีการพักตัว (dormart) และอัตราการงอกไม่สม่ำเสมอ ธุรกิจต้นกล้าปาล์มน้ำมันจำเป็นต้องมีเมล็ดงอกที่มีความสมบูรณ์ แข็งแรง และมีความสม่ำเสมอ เพื่อง่ายต่อการวางแผนและการจัดการ วิธีการทำลายการพักตัวของเมล็ดปาล์มน้ำมันในปัจจุบันมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีการอบความร้อนแห้ง (dry heat method) และวิธีการอบความร้อนเปียก (wet heat method) คุณภาพของเมล็ดงอก มีอิทธิพลมาจากปัจจัยทางด้านพันธุกรรม และปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการทำเมล็ดงอก เช่น ปริมาณออกซิเจน (Kushairi and Rajanaidu , 2000) อุณหภูมิที่ใช้ทำลายการพักตัวของเมล็ดสูงสุดไม่เกิน 40 °C สำหรับความชื้นเหมาะสมของเมล็ดดูราประมาณ 21 – 22 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นของเมล็ดเทเนอราประมาณ 26 – 28 เปอร์เซ็นต์ (ธีระ, 2554) นอกจากนี้ Mora และคณะ (2007) ยังพบว่า มีปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่

1.6.1 เวลาที่ใช้สำหรับการงอก

เมล็ดที่ผ่านการทำลายการพักตัวมีระยะเวลาในการงอกแตกต่างกันไป ความแข็งแรงของเมล็ดงอกขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านพันธุกรรมและมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับเวลาที่ใช้งอก คือ เมล็ดที่ใช้เวลาในการงอกนานจะมีความแข็งแรงต่ำซึ่งตรวจสอบได้จากการโผล่พ้นดินของยอดเมื่อนำเมล็ดไปเพาะในถุง และพบลักษณะผิดปกติเกิดมากขึ้นในต้นกล้า เมล็ดที่ใช้ระยะเวลาในการงอกที่เร็วกว่ามีแนวโน้มเป็นต้นกล้าที่ปกติ Mora และคณะ (2007) ทำการทดลองเมล็ดงอกจาก 5 คู่ผสมของปาล์มน้ำมัน พบว่าเมล็ดที่ใช้เวลาในการงอกนานมีความแข็งแรงต่ำและพบลักษณะผิดปกติเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ใช้ระยะเวลาในการงอกที่เร็วกว่า เมล็ดที่ใช้ระยะเวลายาวนานหลังจากผ่านกระบวนการทำลายการพักตัวอาจเกิดมาจากการสูญเสียความแข็งแรงของเอ็มบริโอ ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากความเครียดในระหว่างกระบวนการทำงอก เมล็ดที่ใช้เวลางอกนานมากกว่า 4 สัปดาห์มักอ่อนแอ และอาจจะปรากฏลักษณะผิดปกติของต้นกล้าระยะอนุบาลในเรือนเพาะชำ

1.6.2 เชื้อราที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ด

เชื้อราที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการงอกของเมล็ดปาล์มน้ำมันมีมากกว่า 20 ชนิด เช่น *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Schizophyllum* spp. และ *Fusarium* spp. เชื้อราเหล่านี้จะเกี่ยวข้องต่อการแสดงลักษณะไม่ต้านทานต่อโรค brown - germ พบในเฉพาะคู่ผสมบางคู่ที่เกิดจาการผสมตัวเองเท่านั้น (ธีระ, 2554) และเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *Elaeidis* เป็นเชื้อราที่เกี่ยวข้องต่อการแสดงลักษณะ seed - born ซึ่งมีผลต่อ

การงอกและการพัฒนาของต้นพืช เชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคพืชที่พบมากที่สุดคือ *penicilium* spp. มีผลทำให้ความสามารถในการงอกลดลง เปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดินของยอดหลังจากปลูกลดลง ต้นกล้า มีความผิดปกติเพิ่มขึ้น การเข้าทำลายของเชื้อราจะรุนแรงมากถ้ามีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราซึ่งก่อให้เกิดความเครียดต่อเอ็มบริโอ วิธีการที่จะลดความปนเปื้อน คือ การเพิ่มคุณภาพของเครื่องปั่นทะลาย ให้มีประสิทธิภาพในการปั่นส่วนของเนื้อผลออกให้สะอาด การควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นของเมล็ดให้ดี เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อรา การใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราและการคัดเลือกเมล็ดที่มีคุณภาพดีไม่มีการปนเปื้อนเชื้อราก่อนและหลังการงอกของเมล็ด เป็นอีกวิธีการปฏิบัติที่ช่วยเพิ่มคุณภาพของเมล็ดงอก (สิทธิษ์ และธีระ, 2553)

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

2.1.การเจริญเติบโตและการพัฒนาของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

การเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมันในช่วงสัปดาห์แรก ต้นกล้าจะใช้อาหารที่สะสมในส่วนของเอนโดสเปิร์มในการเจริญเติบโต เอนโดสเปิร์มประกอบด้วยไขมัน 47 เปอร์เซ็นต์ และ คาร์โบไฮเดรต 36 เปอร์เซ็นต์ การพัฒนาของต้นกล้าใช้ประโยชน์จากส่วนของ คาร์โบไฮเดรตก่อน ส่วนของไขมันโดยในช่วง 3 เดือนแรก ต้นกล้าปาล์มน้ำมันใช้ไขมันในการเจริญเติบโต 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในช่วง 5 เดือนหลังจากการงอก ใช้ 98 เปอร์เซ็นต์ ไขมันบางส่วนถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ ส่งผลต่อน้ำหนักของเมล็ดลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ หลังจากที่ต้นกล้ามีอายุ 6 เดือนหลังงอก พื้นที่ใบของต้นกล้ามีความสัมพันธ์ทางบวกแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับลักษณะของน้ำหนักเนื้อใน เมล็ด (kernel) แต่เมื่อต้นกล้าอายุหลัง 6 เดือน ขึ้นไปจะไม่พบความสัมพันธ์ในลักษณะดังกล่าว (ธีระ, 2554) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ส่วนของเนื้อในเมล็ดมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในช่วงแรก

เมื่อกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 1 - 4 เดือน เกิดการพัฒนาของใบลักษณะรูปหอก (lanceolate leaf) บริเวณลำต้นเกิดรากชุดแรกซึ่งจะทำมุม 45 องศากับรากอ่อน เดือนที่ 5 ใบรูปหอกเริ่มเหี่ยวแห้งและหลุดจากต้น เกิดการพัฒนาใบรูปสองแฉก (bifurcate leaf) ในเดือนที่ 6 จะเริ่มปรากฏใบขนนก เดือนที่ 8 ใบสองแฉกเริ่มแห้งและหลุดออกจากลำต้น เดือนที่ 9 - 12 ใบใหม่ที่เกิดขึ้นพบเฉพาะใบขนนกเท่านั้น (ธีระ, 2554)

2.2 ลักษณะผิดปกติของปาล์มน้ำมัน

ธีระ และคณะ (2548) รายงานว่า ลักษณะผิดปกติในกล้าปาล์มน้ำมันที่ต้องคัดทิ้งมี 2 ระยะ คือ

2.2.1 ระยะอนุบาลแรก ลักษณะผิดปกติในกล้าปาล์มน้ำมัน ซึ่งลักษณะอาการทั้งหมดพบเมื่อต้นกล้ามีอายุตั้งแต่ 4 สัปดาห์ขึ้นไปหลังการเพาะเมล็ดงอก ได้แก่

- ใบเรียวแคบ (narrow leaf หรือ glass leaf)
- ยอดและใบบิดเบี้ยว (twisted shoot and twisted leaf)
- ใบม้วนรอบเส้นกลางใบ (rolled leaf หรือ spike leaf)
- ใบม้วนย่น (crinkled leaf)
- ต้นแคระแกร็น (stunted seedling)
- ใบกึ่งกลางขอด (collante)

2.2.2 ระยะอนุบาลหลัก ลักษณะผิดปกติในกล้าปาล์มน้ำมันซึ่งลักษณะอาการทั้งหมดพบเมื่อต้นกล้ามีอายุตั้งแต่ 3 เดือนจนถึงนำไปปลูกในแปลงจริง ได้แก่

- ใบย่อยไม่คลี่ (juvenile seedling)
- ต้นสูงชะลูด (upright or sterile seedling)
- ต้นเล็กแคระแกร็น (runts)
- ใบใหม่เกิดสั้น (flat top seedling)
- ทางใบตก และต้นอ่อนแอ (limp form)
- ใบย่อยแน่นทึบ(short internode)
- ใบย่อยห่างกัน (wide internode)
- ใบย่อยแคบ (narrow pinnae)
- ใบด่าง (chimera)

2.3 การเจริญเติบโตและการพัฒนาทางลำต้นของปาล์มน้ำมัน

การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันนอกจากจะมีผลมาจากปัจจัยด้านพันธุกรรม แล้วสภาพแวดล้อมก็เป็นปัจจัยที่สำคัญในการการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน (Hardon *et al*., 1971) ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่ทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตสูง เช่น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีอย่างน้อยประมาณปีละ 2,000 – 3,000 มิลลิเมตร และต้องไม่มีสภาพแห้งแล้งนานเกินไป การกระจายตัวของฝนในรอบปีต้องสม่ำเสมอ อุณหภูมิอากาศมีผลต่อ

การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันเช่นกัน ในสภาพแวดล้อมที่มีอากาศร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วง 29 – 32 องศาเซลเซียส และไม่ควรต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้การเจริญเติบโต หยุดชะงักได้ ส่วนปริมาณแสงแดด สภาพปลูกที่มีความเข้มของแสงแดดสูงเป็นสภาพที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน ปกติแล้วปาล์มน้ำมันต้องการแสงอย่างน้อยวันละประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวันตลอดทั้งปี และต้องการความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในรอบปีสูงกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป (ธีระ และคณะ, 2548)

Germer และ Sauerborn (2004) รายงานว่า ปาล์มน้ำมันที่ได้รับแสงไม่เพียงพอจะมีผลมากต่อการปลูกปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะต้นปาล์มน้ำมันอายุ 2 - 3 ปี ลำต้นจะชะลูด ทรงพุ่มมีขนาดเล็ก เมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้นอาการดังกล่าวอาจลดลง แต่ทรงพุ่มของต้นปาล์มน้ำมันมีขนาดเล็ก ทางใบแคบมีผลทำให้ผลผลิตลดลง ทำนองเดียวกับ Corley และคณะ (1971) รายงานว่า ใบเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยส่งผลต่อการติดทะลายและขนาดของทะลาย เนื่องจากเป็นส่วนที่สร้างน้ำหนักแห้ง Hartley (1988) รายงานว่าจำนวนชั่วโมงแสงที่ปาล์มน้ำมันได้รับในรอบปีจะมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตของปาล์มน้ำมันในอีก 28 เดือนข้างหน้าในปาล์มน้ำมันที่ได้รับแสงน้อยมักทำให้ผลผลิตทะลายลดลง เช่น ในปาล์มน้ำมันที่มีอายุมากและมีการบดบังแสงของใบสูงจะมีผลทำให้การเกิดช่อดอกเพศเมียต่ำ การตัดใบออกบางส่วนเพื่อลดการบดบังแสง จะช่วยเพิ่มการเกิดช่อดอกเพศเมียได้ (ธีระ, 2544) Hardon (1976) รายงานว่า การเจริญเติบโตยังมีผลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมด้วย และลักษณะที่ใช้วัดการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันคือพื้นที่ใบ (leaf area) โดยสามารถวัดได้จาก จำนวนใบย่อย อัตราการสร้าง ทางใบ และความยาวของทางใบ ดังนั้นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมจะมีผลมากกับการปลูกปาล์มน้ำมัน นอกจากจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตแล้ว ยังมีผลการทบโดยตรงต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันอีกด้วย (ธีระ และคณะ, 2546)

3. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

การคัดเลือกต้นปาล์มน้ำมันควรพิจารณาถึงลักษณะที่สำคัญคือ ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของปาล์มน้ำมัน (Corley and Gray, 1976) อายุของปาล์มน้ำมันจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อผลผลิตในระยะแรกๆขณะที่ต้นปาล์มมีอายุน้อยจะมีผลผลิตต่ำมาก เนื่องมาจากทะลาย ยังมีขนาดเล็ก และผลผลิตจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงอายุประมาณ 8 - 10 ปี หลังจากนั้นผลผลิตก็ค่อยๆ ลดลง ซึ่งผลผลิตนี้จะพิจารณาจาก ลักษณะจำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเป็นเกณฑ์ ดังนี้

3.1 จำนวนทะลาย มีผลมาจาก 2 ลักษณะย่อย

3.1.1 อัตราการผลิตทางใบ ซึ่งทางใบปาล์มน้ำมันจะเจริญจากส่วนของตายอดของลำต้น การผลิตทางใบจะมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับอายุของปาล์มน้ำมัน โดยปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 2 - 4 ปีหลังปลูกในแปลงปลูก จะมีการผลิตทางใบประมาณ 30 – 40 ทางใบต่อปี เมื่ออายุมากขึ้นจะมีการผลิตทางใบประมาณ 18 – 24 ทางใบ/ปี และยังมีปัจจัยอย่างอื่นที่มีผลต่อการผลิตทางใบ เช่น อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการสวน เป็นต้น และจำนวนทะลายยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนเพศของปาล์มน้ำมัน เมื่อคิดเป็นร้อยละของจำนวนช่อดอกตัวเมียต่อช่อดอกทั้งหมดในระยะเวลา 1 ปี (วศะพงศ์ และธีระ, 2553) ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการดูแลรักษา (Corley and Gray, 1976)

3.1.2 อัตราส่วนของเพศดอก คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนช่อดอกตัวเมียต่อช่อดอกทั้งหมด ในรอบปี โดยอัตราส่วนเพศดอกของปาล์มน้ำมันที่เริ่มให้ผลผลิตปีแรกๆ จะมีการผลิตช่อดอกตัวเมียสูง และหลังจากนั้นจำนวนช่อดอกตัวเมียก็จะลดลงเมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้น ที่สำคัญปัจจัยทางสภาพแวดล้อมและการดูแลรักษาจะมีผลต่ออัตราการผลิตช่อดอกสูง (Corley and Gray, 1976)

3.2 น้ำหนักทะลาย

ลักษณะน้ำหนักทะลายขึ้นอยู่กับลักษณะองค์ประกอบทะลาย ได้แก่ ก้านทะลาย จำนวนช่อดอก จำนวนดอกต่อช่อดอก เปอร์เซ็นต์ของการติดผล น้ำหนักผลปาล์ม เป็นต้น รวมทั้งอายุของปาล์มน้ำมันก็เป็นปัจจัยสำคัญ คือ ปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 3 - 4 ปี จะมีน้ำหนักทะลายอยู่ระหว่าง 5 - 7 กิโลกรัม และเมื่ออายุมากขึ้นหลังจาก 15 ปี จะมีน้ำหนักทะลายเฉลี่ยประมาณ 20 กิโลกรัม (Corley and Gray, 1976) นอกจากนี้สภาพแวดล้อม และปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับก็มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักทะลายสูงเช่นกัน

4. พันธุกรรมของลักษณะและการคัดเลือกพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

4.1. ลักษณะคุณภาพของปาล์มน้ำมัน

ธีระ (2554) รายงานว่า ลักษณะคุณภาพคือลักษณะที่ไม่มีอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อม เข้ามาเกี่ยวข้อง มียีนควบคุมเพียงคู่เดียวหรือน้อยคู่ การกระจายตัวของลักษณะในชั่วลูกเป็น แบบไม่ต่อเนื่อง ลักษณะคุณภาพที่สำคัญของปาล์มน้ำมัน คือ

4.1.1 ลักษณะความหนาของกะลาปาล์มน้ำมัน

จากการศึกษาที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เกี่ยวกับการกระจายตัวของลักษณะความหนาของกะลาปาล์มน้ำมันในชั่วลูกที่เกิดจากการผสมระหว่าง เทเนอรา x เทเนอรา ดูรา x ฟิสิเฟอรา และดูรา x ดูรา พบว่าลักษณะความหนาของกะลาปาล์มน้ำมันถูกควบคุมด้วยยีนคู่เดียว โดยลักษณะกะลาปาล์มบางมาก หรืออาจมีลักษณะเป็นเยื่อหุ้มเนื้อในเมล็ดปาล์มจะถูกควบคุมด้วยยีนด้อยโฮโมไซกัส (homozygous) มักพบลักษณะในปาล์มน้ำมันชนิดฟิสิเฟอรา เมื่อทดลองทำการผสมระหว่างต้นแม่ - พ่อปาล์มน้ำมันชนิดดูรากับฟิสิเฟอราที่มีลักษณะกะลาข้างต้น จะทำให้ได้ปาล์มน้ำมันชนิดลูกผสมเทเนอรา ที่มีลักษณะความหนาของกะลาบางลง และความหนาของกะลาอยู่ระหว่างลักษณะทั้งสอง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะความหนาของกะลาปาล์มน้ำมันเป็นบวก (additive gene action)

4.1.2 ลักษณะปรากฏของวงแหวนเส้นใยสีน้ำตาลบริเวณเนื้อปาล์มน้ำมันเมื่อตัดผลปาล์มตามขวาง

จากการศึกษาที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์เกี่ยวกับการกระจายตัวของลักษณะการปรากฏของวงแหวนเส้นใยสีน้ำตาลบริเวณเนื้อปาล์มเมื่อตัดผลปาล์มน้ำมัน ตามขวางในชั่วลูกที่เกิดจากการผสมระหว่าง เทเนอรา x เทเนอรา ดูรา x ฟิสิเฟอรา และดูรา x ดูรา พบว่า ลักษณะการปรากฏของวงแหวนเส้นใยสีน้ำตาลกระจายตัวบริเวณเนื้อปาล์มชัดเจน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการแสดงออกของยีนเป็นแบบเด่น (dominant gene action) โดยสันนิษฐานว่าน่าจะเป็นการข่มของยีนแบบสมบูรณ์ เนื่องจากสังเกตเห็นความเด่นชัดของการปรากฏของวงแหวนเส้นใยสีน้ำตาลในปาล์มชนิดฟิสิเฟอราและชนิดเทเนอรา

4.1.3 ลักษณะใบปาล์มน้ำมันบิดเป็นเกลียว (spiral leaf symptom หรือ crow symptom) โดยทั่วไปลักษณะใบบิดมักจะเริ่มแสดงอาการในปาล์มน้ำมันที่มีอายุน้อยอยู่ระหว่าง 1 - 4 ปีหลังจากปลูกลงแปลง และอาการใบบิดของปาล์มน้ำมันจะเริ่มหายไปเมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้น อย่างไรก็ตามมีรายงานพบว่าลักษณะนี้มีผลกระทบทำให้ผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันลดลงถึง 20 - 50 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์กล่าวสรุปถึงสาเหตุอันเนื่องมาจากพันธุกรรมได้ 2 กรณีคือ กรณีแรก ลักษณะใบบิดอาจถูกควบคุมด้วยยีนเด่น 1 คู่ เนื่องจากมีการกระจายตัวของลักษณะเป็นไปตามกฎของเมนเดล คือ ใบบิด : ใบปกติ มีสัดส่วน 3 : 1 ตามลำดับ กรณีที่สอง ลักษณะใบบิดอาจถูกควบคุมด้วยยีน 2 คู่ ที่เป็นอิสระต่อกันแต่มีปฏิกริยาระหว่างยีนกัน (gene interaction) โดยลักษณะใบที่ปกติ

จะมีโฮโมไซกัสคู่หนึ่ง (aa) ทำหน้าที่เป็นยีนยับยั้ง (inhibitor gene) ยีนอีกคู่หนึ่งซึ่งเป็นยีนเด่น (AA) ที่ควบคุมลักษณะใบบิด จีโนไทป์ของยีนเด่นอาจอยู่ในรูปโฮโมไซกัสหรือเฮเทอโรไซกัส และเมื่อยีนด้อยโฮโมไซกัสที่ควบคุมลักษณะใบปกติอยู่รวมกันกับยีนโฮโมไซกัสของอีกคู่หนึ่ง จีโนไทป์จะส่งผลให้ปาล์มมีลักษณะใบบิดด้วยเช่นกัน ผลของการควบคุมด้วยยีน 2 คู่ ที่มียีนยับยั้งต่อลักษณะใบบิดนี้ จะมีการกระจายตัวของลักษณะใบบิด : ใบปกติ ในสัดส่วน 13 : 3 ตามลำดับ ซึ่งในกรณีที่สองนี้มีความเป็นไปได้สูงกว่าในกรณีแรก (ธีระ, 2554)

4.2 ลักษณะปริมาณของปาล์มน้ำมัน

ลักษณะปริมาณจัดเป็นลักษณะของปาล์มน้ำมันที่มีความแปรปรวนสูง ความแปรปรวนนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะปัจจัยสภาพแวดล้อมมักมีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องต่อการแสดงลักษณะของปาล์มน้ำมันสูง ดังนั้นลักษณะเชิงปริมาณจึงมีอัตราพันธุกรรมแปรปรวนตั้งแต่ต่ำ - สูง เนื่องจากมียีนควบคุมหลายคู่ โดยการกระจายตัวของลักษณะในชั่วรุ่นลูกเป็นแบบต่อเนื่อง ลักษณะเชิงปริมาณที่สำคัญของปาล์มน้ำมัน ได้แก่

4.2.1 ลักษณะการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ความสูงลำต้น ความยาวใบ ความกว้างและความยาวใบย่อย จำนวนใบย่อย พื้นที่ใบ และจำนวนใบ

4.2.2 ลักษณะผลผลิตทะลาย ได้แก่จำนวนทะลายต่อต้น น้ำหนักต่อทะลาย และน้ำหนักทะลายต่อต้น

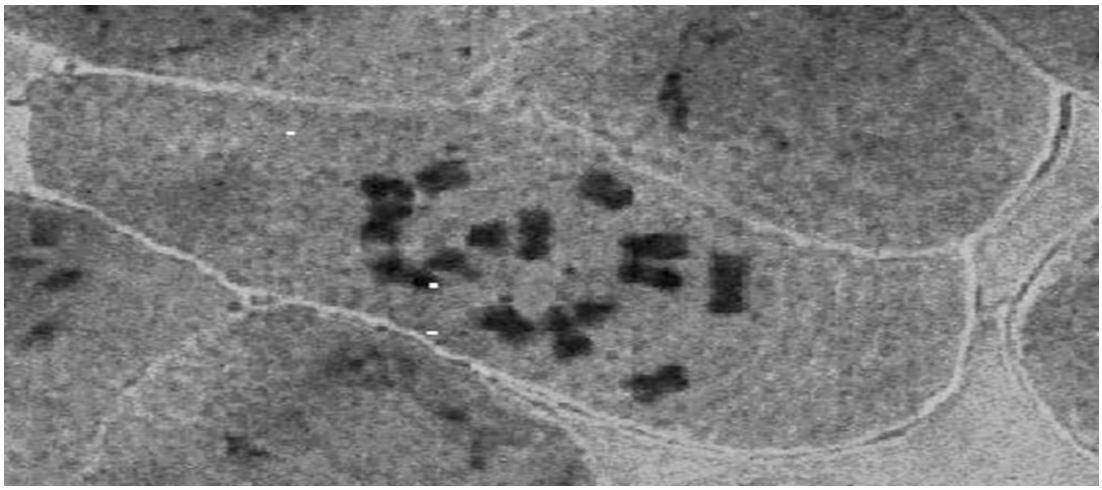
4.2.3 ลักษณะองค์ประกอบทะลายปาล์ม ได้แก่ น้ำหนักต่อผล น้ำหนักเนื้อในเมล็ดต่อผล เปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มต่อผล เปอร์เซ็นต์เนื้อในเมล็ดต่อผล เปอร์เซ็นต์กะลาต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย เปอร์เซ็นต์เนื้อในเมล็ดต่อทะลาย และเปอร์เซ็นต์น้ำมันเนื้อในเมล็ดต่อทะลาย

4.2.4 ลักษณะผลผลิตน้ำมัน ได้แก่ ผลผลิตน้ำมันต่อต้นต่อปี ผลผลิตน้ำมันเนื้อในเมล็ดต่อต้นต่อปี ลักษณะเชิงปริมาณดังกล่าวข้างต้นมักมีความแปรปรวนสูง ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ปัจจัย คือ พันธุกรรมและอายุปาล์ม และสภาพแวดล้อม ซึ่งสภาพแวดล้อมมีความหมายกว้างรวมถึงสิ่งที่ไม่มีชีวิต (abiotic) เช่น ปริมาณน้ำฝน แสง อุณหภูมิ ดิน เป็นต้น และสิ่งที่มีชีวิต (biotic) เช่น โรค แมลง สัตว์ศัตรูต่างๆ เป็นต้น และอาจรวมไปถึงการดูแลรักษาและ

ปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น ระยะปลูก การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ การตัดแต่งทางใบ การเก็บเกี่ยวตรงตามกำหนด เป็นต้น (ธีระ, 2554)

5.การจำแนกยีนและโครโมโซมปาล์มน้ำมัน

พืชในสกุล *Elaeis* มีโครโมโซม จำนวน 16 คู่ เป็นแบบ ดิพพลอยด์ (diploid) *(2n = 2x = 32)* และสามารถแบ่งโครโมโซมของปาล์มน้ำมันออกเป็น 3 กลุ่ม โดยแบ่งตามขนาดความยาวของโครโมโซม พบว่า กลุ่มที่มีความยาวมากที่สุดมีโครโมโซม 1 คู่ กลุ่มที่มีความยาวปานกลางมี 8 คู่ และ กลุ่มที่มีความยาวสั้นสุดมี 7 คู่ โครโมโซมของ *E. oleifera* ใช้ขนาดความยาวของโครโมโซมเป็นตัวแบ่งกลุ่มเช่นเดียวกัน และมีความยาวเหมือนกันกับโครโมโซมของ *E. guineensis* (Corley and Tinker, 2003) โครโมโซม คือ ที่ตั้งของยีนการที่ยีนซึ่งเป็นคู่ (เรียกว่า allelic ต่อกัน) แยกกันเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (gamete) ก็เพราะโครโมโซมที่เป็นคู่กัน (homologous chromosome) แยกตัวออกจากกัน (ไพศาล, 2539) โดยที่สิ่งมีชีวิตชนิดดิพพลอยด์มีจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายเป็น 2 ชุด และในเซลล์สืบพันธุ์เป็น 1 ชุด และมีองค์ประกอบของโครโมโซมเป็นจีโนม 2 ชุด โดยแต่ละชุดของจีโนมอาจเหมือนกันหรือแตกต่างกันก็ได้ สิ่งมีชีวิตที่มีโครโมโซมมากกว่า 2 ชุดเรียกว่า โพลีพลอยด์ (polyploid) การเปลี่ยนแปลงโครโมโซม มี 2 แบบ คือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือโครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม



ภาพที่ 1 โครโมโซมปาล์มน้ำมันจากปลายรากในระยะเมทาเฟส
ที่มา: Isawandar และคณะ (2010)

5.1 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือโครงสร้าง มี 4 ลักษณะ

5.1.1 deletion คือ การขาดหายไปของโครโมโซมบางส่วน มีผลให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะผิดปกติหรืออาจจะตายได้

5.1.2 duplication คือ การเพิ่มส่วนของโครโมโซม ทำให้มียีนซ้ำกันบนโครโมโซม มีผลให้เกิดลักษณะใหม่

5.1.3 inversion คือ การเปลี่ยนแปลงลำดับของยีนบนโครโมโซม เกิดจากการขาดโครโมโซม 2 จุด และเชื่อมต่อใหม่แต่เชื่อมต่อผิดทิศทาง inversion มี 2 แบบ การเชื่อมต่อแบบรวมส่วนของเซนโทรเมียร์ (pericentric) และการเชื่อมต่อแบบไม่รวมส่วนเซนโทรเมียร์ (paracentric) การเกิด inversion ในพืชมักจะเป็นหมันเนื่องจากพืชสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่มียีนไม่ครบ

5.1.4 translocation คือ การแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซม ระหว่างโครโมโซมต่างคู่กัน มีผลทำให้เซลล์สืบพันธุ์มียีนขาดหรือเกินส่งผลให้พืชกึ่งเป็นหมัน (semi - sterile) (ไพศาล, 2539)

5.2 การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม

การเปลี่ยนแปลงเป็นชุดโครโมโซม เรียก euploidy ถ้าเป็นแท่งเรียก aneuploidy

6. การกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทุกชนิดที่เกิดขึ้นกับสารพันธุกรรม (genetic materials) หรือ ดีเอ็นเอ ซึ่งไม่ได้เกิดจากการรวมตัว(recombination) หรือการแยกตัว(segregation) ของสารพันธุกรรมตามปกติ และสามารถถ่ายทอดลักษณะการเปลี่ยนแปลงนั้นๆไปยังเซลล์ลูกหลานได้ด้วยกระบวนการแบ่งเซลล์ (อรุณี, 2550)

6.1 รูปแบบการแสดงออกของการกลายพันธุ์

6.1.1 การกลายที่แสดงออกทางลักษณะสัณฐานวิทยา (morphological mutation) ได้แก่การแสดงออกของยีนกลายพันธุ์ (mutant gene) ที่ควบคุมลักษณะภายนอก สามารถสังเกตุและตรวจสอบได้ง่าย

6.1.2 การกลายพันธุ์ของยีนที่ทำให้สิ่งมีชีวิตตาย (lethal mutation) ได้แก่ ยีนที่ก่อให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ

6.1.3 การกลายพันธุ์ที่แสดงออกทางชีวเคมี (biochemical mutation) ได้แก่ ยีนกลายที่เกี่ยวกับเอนไซน์บางชนิดที่จำเป็นสำหรับกระบวนการชีวเคมี ตรวจสอบโดยวิธีการชีวเคมี

6.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ตามธรรมชาติ

องค์ประกอบทางพันธุกรรม เกิดจากความผิดพลาดในการจำลองดีเอ็นเอรีคอมบิเนชั่น และการซ่อมแซมการขาดหรือการเพิ่มชิ้นส่วนของดีเอ็นเอ ทำให้พืชสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่ผิดปกติ

6.3 ภาวะทางสรีรวิทยาของพืช เช่น อายุทางสรีรวิทยาของเมล็ดพืช หากเก็บรักษาเมล็ดพืชไว้นานเมื่อนำไปปลูกพบว่ามีการกลายพันธุ์ มากกว่าเมล็ดที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆแล้วนำไปปลูก

6.4 สิ่งก่อกลายพันธุ์ภายในพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น กระบวนการเมแทบอลิซึม ทำให้เมแทไลต์หลายชนิดเป็นสิ่งก่อการกลายพันธุ์ ได้แก่ สารที่มีซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบของเอมีน กรดอะมิโน กรดที่ไม่มีไนโตรเจน

6.5 การปลูกพืชในดินที่ขาดธาตุบางชนิด มีผลต่ออัตราการกลายพันธุ์ ตามธรรมชาติ

6.6 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้นกะทันหัน มีผลต่ออัตราการกลายพันธุ์ในเมล็ดพืช

6.7 รังสีที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ เช่น ยูเรเนี่ยม ทอเรียม รังสีคอสมิกจากนอกโลก น่าจะมีส่วนต่อการกลายพันธุ์ตามธรรมชาติ

6.8 การกลายจากการเหนี่ยวนำ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 วิธี คือ

6.8.1 รังสี ควรเป็นรังสีก่อไอออน (ionization) เช่น รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีนิวตรอน ส่วนรังสีชนิดอื่นไม่นิยมใช้เนื่องจากมีอำนาจทะลุทะลวงต่ำจนถึงปานกลาง

6.8.2 สารเคมี เช่น ethyl methanesulphonate (EMS) มีประสิทธิภาพสูงในการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลาย โดยการเข้าไปทำปฏิกิริยากับเบสดีเอ็นเอโดยตรง เช่นเข้าไปแทนที่เบสของดีเอ็นเอ จับคู่เบสที่ไม่ใช่เบสปกติ หรือ โคลชิซินทำให้มีการเพิ่มชุดโครโมโซมภายในเซลล์

6.8.3 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ต้นพืชใหม่ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยง อาจจะมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ลักษณะบางอย่างอาจไม่มีในพันธุ์เดิมมาก่อนและบางลักษณะอาจถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ ลักษณะผันแปรทางพันธุกรรมเรียกว่า โซมาโคนอลแวริ-แอชั่น (somaclonal variation)

6.8.4 การสอดแทรกชิ้นส่วนดีเอ็นเอ แทรกเข้าไปอยู่ใกล้ยีนในจีโนม จะมีผลต่อการทำงานของยีนเปลี่ยนไปจากเดิม (อรุณี, 2550)

7. การกลายพันธุ์โดยรังสีแกมมา

การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการฉายรังสีเป็นวิธีการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความแปรปรวนได้ดีวิธีหนึ่ง รังสีที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชได้แก่ รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา และรังสีนิวตรอน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของ ionizing radiation โดยรังสีแกมมาได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพื่อกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืชมากกว่ารังสีชนิดอื่นๆ เนื่องจากรังสีแกมมามีความยาวคลื่นสั้น มีอำนาจในการทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูง ปริมาณรังสีที่ตัวกลางสามารถดูดกลืนไว้ได้ 100 เอิร์กต่อกรัมของตัวกลาง หน่วยสากล (The international System of Units,SI unit) จะใช้หน่วยเกรย์ (Gray, Gy) แทน rad โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้ 1 Gy = 100 rad หรือ 1 rad = 10^{-2} Gy (อรุณี, 2550) ประเทศไทยพืชที่ประสบความสำเร็จโดยใช้รังสีแกมมา เช่น ปีพ.ศ. 2520 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ฉายรังสีแกมมา 20 Krad ให้ข้าวพันธุ์ กข 6 ซึ่งเป็นข้าวเหนียวที่มีกลิ่นหอมให้ผลผลิตสูงทนต่อสภาพแห้งแล้ง ต้านทานต่อโรคไหม้และใบจุดสีน้ำตาลได้ดีกว่าข้าวเหนียวสันป่าตอง ปีพ.ศ. 2521 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ฉายรังสีแกมมา 15 Krad ให้ ข้าวพันธุ์ กข 15 เป็นพันธุ์ที่มีต้นเตี้ย ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยสูง ทนต่อการหักล้มได้ดี ทนแล้ง และมีความต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลได้ดีกว่าข้าวขาวมะลิ 105 ในพืชตระกูลถั่วมีการใช้รังสีแกมมาในการปรับปรุงพันธุ์

อย่างกว้างขวาง เช่น การฉายรังสีแกมมาให้กับถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 4 ปริมาณ 15 Krad ทำให้ได้ถั่วเหลืองพันธุ์ดอยคำ ที่มีลักษณะต้านทานโรคราสนิม (สิรนุช, 2554) นอกจากนี้ Chaudhuri และคณะ (2002) รายงานว่า เมล็ด lentil ที่ได้รับรังสีแกมมาในปริมาณสูงกว่า 0.1 Gy มีเปอร์เซ็นต์ความยาวของรากอ่อนและยอดอ่อนลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเมล็ด lentil หลังจากได้รับการฉายรังสี มีกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์เกิดความผิดปกติ และการที่เซลล์พืชได้รับรังสีแกมมาในปริมาณต่างๆ กัน มีผลให้การจัดเรียงตัวของโมเลกุลใหม่ มีคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างไปจากเดิม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและหน้าที่ของชีวโมเลกุล ซึ่งชักนำเกิดการกลายพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงในเซลล์ของพืช (สิรินุช, 2540) นอกจากนี้การฉายรังสียังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของยีน โครงสร้างและจำนวนของโครโมโซม ทำให้ลำดับดีเอนเอเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่งผลต่อลักษณะฟีโนไทป์ (บุญหงษ์, 2548) Maluszynski และคณะ (2001) รายงานเกี่ยวกับตัวอย่างพืชที่ประสบความสำเร็จจากการใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างพืชที่ประสบความสำเร็จจากการใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์

ลำดับ	ชื่อพืช	สารก่อกลายพันธุ์	ลักษณะพืช	ผลผลิตเพิ่มขึ้น (%)[a]
1	Maize	Gamma rays, Fast neutrons	yield	46.8
2	Pearl millet	Gamma rays	seed yield	34.7
3	Rice	Gamma rays	yield / plant, 100 grain weight, number of productive tillers	97.6
		Gamma rays	grain weight / plant	8.1
		Gamma rays	grain weight / plant,1000	29.1
		In vitro mutagenesis	kernel weight	
4	Sesame	Gamma rays	seed yield	75.8
		Gamma rays	seed yield, branches/ plant, capsules/plant, 1000 seeds weight, plant height	31.0
5	Sweet clover	X-rays, Gamma rays, Thermal neutrons	plant weight, main shoot length, number of nodes / shoot, length of side brunches	155.9 and 138.9

[a] Maximum yield increase described in grain weight/plant

ที่มา : Maluszynski และคณะ (2001)

7.1 การฉายรังสีเพื่อชักนำการกลายพันธุ์ในพืช

การฉายรังสีแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การฉายรังสีแบบเฉียบพลันคือการให้รังสีอัตราสูงและใช้เวลาสั้น นิยมใช้กับเมล็ดพืช อีกวิธีคือการฉายรังสีแบบเรื้อรัง เหมาะกับการใช้กับชิ้นส่วนของพืชหรือพืชทั้งต้น (IAEA, 1977)

อัตราความเข้มข้นของรังสีที่ใช้กับพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความไวต่อรังสี (radiosensitivity) แตกต่างกัน (ธีระ, 2525 ; สิรนุช, 2540) ในการฉายรังสีให้กับพืชจะยึด จากระดับรังสีที่เรียกว่า LD_{50} (50% Lethal Dose หรือ Lethal Dose-50 หรือ Semi Lethal Dose) ของพืชที่นำมาฉายรังสี (IAEA, 1977) ในการศึกษา LD_{50} จะมีการนำเมล็ดมาฉายรังสีในปริมาณต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ปริมาณต่ำ จนถึงระดับสูงที่ทำให้เกิดการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ในรังสีแต่ละระดับใช้เมล็ดจำนวน 100 - 300 เมล็ด แล้วนำมาเพาะในกระบะดินหลังจากเมล็ดงอกแล้ว บันทึกความงอกและความสูงของพืช ทำประมาณ 4 สัปดาห์ (สิรนุช, 2540; FAO/IAEA, 1979)

ค่า LD_{50} ในแต่ละพืชเป็นตัวกำหนดปริมาณรังสีที่ใช้ในการชักนำให้พืชกลายพันธุ์ ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เมล็ดถั่วเขียวพันธุ์อู่ทอง 1 มีค่า LD_{50} ของปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 69.34 – 72.00 Krad (ธีระ, 2525) สำหรับพืชน้ำมันที่มีการศึกษาปริมาณรังสีที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมในการปรับปรุงพันธุ์พืชบางชนิดโดยชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์

ลำดับ	ชนิดพืช	ปริมาณรังสี (Krad)
1	*Glycine max* L.	15
2	*Sesame indicum* L.	50
3	*Helianthus annus*	10
4	*Brassica juncea* L.	200
5	*Brassica napus* L.	140
6	*Nicotiana tabacum* L.	6
7	*Ricinus communis* L.	40
8	*Arachis hypogaea* L	1.5

ที่มา : อรุณี , 2546ก; 2546ข

: IAEA (1977)

7.2 ผลของรังสีที่ปรากฏในต้น M1

7.2.1 ความเสียหายของต้น M1 แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ (1) ความเสียหายทางสรีรวิทยา (physiological damage) ปรากฏให้เห็นก่อนความเสียหายชนิดอื่น (2) การกลายของยีน (3) การกลายของโครโมโซม การกลายเนื่องจากยีนและโครโมโซม สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้แต่ไม่สามารถตรวจสอบได้ในชั่วที่ 1 ลักษณะที่สามารถวัดได้ด้วยสายตา เช่น ความสูงต้น ลำต้นแคระแกร็น ความยาวราก ความกว้างของใบ รูปร่างใบบิดเบี้ยวผิดปกติ เกิดใบจุดใบด่าง เนื่องจากคลอโรฟิลล์บางส่วนถูกทำลาย อาจจะติดตามมาด้วยลักษณะการตาย

7.2.2 ผลทางด้านเซลล์วิทยา เป็นการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม ตรวจสอบจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสหรือไมโอซิส

7.2.2.1 Mitotic aberration ตรวจสอบความผิดปกติของโครโมโซม จากการแบ่งเซลล์ที่ปลายยอดหรือรากภายหลังเพาะเมล็ด ความผิดปกติที่ตรวจพบ ได้เสมอคือ การเกิด bridge และ fragment ในระยะแอนาเฟสขณะที่มีไมโทซิส

7.2.2.2 Meiotic aberration ตรวจสอบความผิดปกติของโครโมโซมจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของดอก ระยะที่เหมาะสมในการตรวจสอบคือ diakinesis หรือ metaphase ความผิดปกติที่ตรวจพบได้เสมอคือ การเกิด reciprocal translocation พบโดยสังเกตจากการลักษณะวงแหวน (quadrivalent) หรือมีการเชื่อมต่อโครโมโซม

7.2.3 การเป็นหมัน ในต้น M1 มักจะเกิดความเสียหายทางสรีรวิทยาไม่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นที่ 2 สาเหตุการเป็นหมันที่อาจจะเกิดจากการฉายรังสี คือ การกลายของโครโมโซม การกลายของยีน การกลายของไซโทพลาซึมและมี การทำลายทางสรีรวิทยา (อรุณี, 2550)

8. การชักนำโดยสารโคลชิซิน

ธีระ(2548) รายงานว่าสารโคลชิซินได้มาจากพืช *Colchicine autumnale* เป็นสารประกอบอโรมาติกในกลุ่มอัลคาลอยด์ มีคุณสมบัติในการเพิ่มชุดโครโมโซม จับกับโมเลกุลทูบูลิน ของไมโครทูบูล ทำให้โมเลกุลไม่ทำหน้าที่ ไม่สามารถรวมตัวสร้างสปินเดิลไฟเบอร์ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการสร้างสปินเดิลไฟเบอร์ จึงไม่สามารถแยกโครโมโซมไปที่ขั้วเซลล์ได้ ทำให้เพิ่มโครโมโซมเป็นสองเท่า (Petersen *et al*., 2003) สารโคลชิซินถูกมาใช้ในการชักนำพืชกลายพันธุ์อย่างกว้างขวางเนื่องจากชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้นาน ไม่เป็นอันตรายต่อพืช แม้จะใช้ในอัตราสูงโดยไม่มีผลต่อโครงสร้างของยีนเพราะสารนี้มีผลต่อไมโครทูบูล

8.1 สาเหตุการเกิดพอลิพลอยด์

การเพิ่มชุดโครโมโซมของเซลล์ร่างกาย(somatic chromosome) เกิดจากการทำงานผิดปกติของสปินเดิลไฟเบอร์ หรือการชักนำด้วยสารเคมี ที่มีสมบัติการยับยั้งการสร้างสปินเดิลไฟเบอร์ ในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เช่น โคลชิซิน (จรัสศรี, 2548)

8.2 ความแตกต่างระหว่างสารเคมีและรังสี

สารเคมีทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนภายในโครโมโซมเดียวกัน (intrachromosome changes) มากกว่าการแลกเปลี่ยนระหว่างชิ้นส่วนโครโมโซม (interchromosome changes) (อรุณี, 2550) เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของรังสีและสารเคมี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของรังสีและสารเคมี

รังสี	
ข้อดี	ข้อเสีย
1 อำนาจการทะลุทะลวงสูง	1 เครื่องฉายรังสีมีราคาแพง
2 การวัดปริมาณรังสีถูกต้องและแม่นยำ	2 ค่าใช้จ่ายสูง
3 วิธีการทำทรีทเมนต์ไม่ยุ่งยาก	3 เกิดความเสียหายกับโครโมโซมมาก
4 การป้องกันอันตรายทำได้ง่าย	

สารเคมี	
ข้อดี	ข้อเสีย
1 สารเคมีราคาถูก หาซื้อง่าย	1 อำนาจทะลุทะลวงต่ำ
2 สามารถปฏิบัติการได้ด้วยตนเอง	2 วัดปริมาณสารเคมีค่อนข้างยาก
3 เหนี่ยวนำให้เกิดการกลายของยีน	3 วิธีการทำทรีทเมนต์ค่อนข้างยาก
4 เกิดความเสียหายของโครโมโซมน้อยกว่ารังสี	4 ความเสี่ยงสูง เนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็ง
5 ความถี่ของการกลายค่อนข้างสูง	

ที่มา : ดัดแปลงจาก อรุณี (2550)

9. การตรวจสอบการกลายพันธุ์ในพืช

วิธีที่นิยมใช้ตรวจสอบการกลายพันธุ์มีอยู่หลายวิธี ซึ่งผลที่ได้ก็มีความแม่นยำมากหรือน้อยแล้วแต่วิธีการที่ใช้ และความชำนาญของผู้ทดลองด้วย และยังขึ้นอยู่กับ ชิ้นส่วนของพืชและอายุพืช วิธีการตรวจสอบที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน มีดังนี้

9.1 วิธีการนับจำนวนโครโมโซม เป็นวิธีการที่แม่นยำที่สุดในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม ส่วนใหญ่นิยมใช้ส่วนของปลายราก แต่มีบางพืชที่ใช้ส่วนปลายยอดมาตรวจสอบ เช่น พืช *Crape myrtle* (Zhang *et al*., 2009) สำหรับรากปาล์มน้ำมันที่ผ่านการทดสอบปลายรากพบว่า ต้นดิพพลอยด์มีจำนวนโครโมโซม $2n = 2x = 32$ ต้นเทตทราพลอยด์ (tetraploid) $2n = 4x = 64$ (สิทธิพงษ์ และธีระ, 2553) แต่วิธีการนี้ค่อนข้างจำกัดในเรื่องของเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างและเวลาเตรียมปลายรากเพื่อให้ได้ช่วงที่มีการแบ่งเซลล์ในระยะเมทาเฟส ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมในการตรวจนับจำนวนโครโมโซม

9.2 วิธีวัดขนาด และความหนาแน่นของเซลล์คุมของปากใบ เมื่อจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้น เซลล์คุมของปากใบจะมีขนาดความกว้าง และความยาวที่มากกว่าต้นดิพพลอยด์ปกติ แต่มีความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่น้อยกว่า (Thao *et al*., 2003; Gu *et al*., 2005) การวัดขนาดเซลล์คุมของปากใบเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย ใช้เครื่องมือน้อย ค่าใช้จ่ายต่ำ และไม่ทำลายต้น (Yang *et al.,* 2006) นอกจากนี้ สำหรับปาล์มน้ำมันสามารถวัดขนาดเซลล์คุมเพื่อเป็นตัวชี้วัดเบื้องต้นในการจำแนกปาล์มน้ำมันพอลิพลอยด์ (สิทธิพงษ์ และธีระ, 2553)

9.3 วิธีโฟลไซโตเมทรี (Flow cytometry) เป็นวิธีการวัดปริมาณดีเอ็นเอภายในชิ้นส่วนพืช ให้ผลค่อนข้างแม่นยำ รวดเร็ว นิยมใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซมมากกว่าวิธีการนับจำนวนโครโมโซม และการวัดขนาดเซลล์คุมของปากใบ (Pinheiro *et al*., 2000) แต่มีข้อจำกัดคือ ด้านเครื่องมือที่มีราคาแพง โดย Rival และคณะ (1997) ทำการประเมินปริมาณดีเอ็นเอ จากปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราโดยวิธีโฟลไซโตเมทรี พบว่า ขนาดของจีโนม 2C=3.76 พิโคแกรม ธีระ และคณะ (2548) วิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอของปาล์มน้ำมัน ด้วยวิธีโฟลไซโตเมทรี โดยเปรียบเทียบกับพืชอ้างอิงที่ต่างกัน พบว่า การใช้ข้าวโพดเป็นพืชอ้างอิงให้ปริมาณดีเอ็นเอ ของปาล์มน้ำมันสูงสุดที่ 4.72 พิโคแกรม และเมื่อใช้ถั่วเหลืองและมะเขือเทศเป็นพืชอ้างอิง ให้ปริมาณ ดีเอ็นเอ 3.77 และ 4.25 พิโคแกรม ตามลำดับ ปริมาณดีเอ็นเอ ของสายพันธุ์ดูรา เทเนอรา และพิสิเฟอรา มีค่าเท่ากับ 3.46 3.24 และ 3.76 ตามลำดับ (ใช้ถั่วเหลืองเป็นพืชอ้างอิง) ซึ่งสอดคล้องกับ Madon และคณะ (2008) ได้ทำการประเมินปริมาณดีเอ็นเอของปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิคโฟลไซโตรเมทรี พบว่า ปาล์มน้ำมันชนิดดูรา พิสิเฟอรา และเทเนอรา เท่ากับ 4.10 3.64 และ 3.83 พิโคแกรม ตามลำดับ

9.4 วิธีนับเม็ดคลอโรพลาสต์ จากเซลล์คุมของปากใบสามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว และประหยัด ซึ่งมีวิธีที่คล้ายกับการวัดขนาดเซลล์คุมของปากใบจึง สามารถทำควบคู่กันไปได้ วิธีการนับคลอโพลาสต์ สามารถแยกความแตกต่างของโครโมโซมแต่ละชนิด (Ewald *et al*., 2009)

9.5 วิธีการเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยา ตรวจสอบจากการเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซมจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ การวัดลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นวิธีการที่มีความรวดเร็วที่สุด เพราะสามารถประเมินได้ด้วยสายตา แต่ต้องทำการศึกษาเปรียบเทียบกับแบบอื่นๆเพื่อความแม่นยำ Madon และคณะ (2005) รายงานว่าปาล์มน้ำมันที่ชักนำโดยสารโคลชิซิน มีการเจริญเติบโตช้า มีใบสีเขียวเข้มและหนากว่าต้นควบคุม

10. สหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมัน

สหสัมพันธ์ (correlation) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร โดยลักษณะต่างๆ ของพืชอาจมีความสัมพันธ์กัน เช่น ลักษณะทั้ง 2 มีสหสัมพันธ์ในทางบวก แสดงว่าถ้าลักษณะหนึ่งเพิ่ม อีกลักษณะหนึ่งเพิ่มตาม แต่ถ้ามีสหสัมพันธ์ในทางลบแสดงว่าถ้าลักษณะหนึ่งเพิ่ม อีกลักษณะหนึ่งกลับลดลง ซึ่งความสัมพันธ์ที่สังเกตได้จากพืชนั้นเป็นสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ (phenotypic correlation) (ไพศาล, 2527) โดยสามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือสหสัมพันธ์ทางสภาพแวดล้อม (environmental correlation) และสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ (genotypic correlation) โดยการที่สองลักษณะนั้นมีความสัมพันธ์กัน มักเกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการ คือ การที่ยีนคู่เดียวสามารถควบคุมได้สองลักษณะ (pleiotropy) และยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage) (พีระศักดิ์, 2525)

Foalconer (1981) อ้างโดย (ธีรภาพ, 2552) ลักษณะทางพันธุกรรมหลายลักษณะ มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งการที่สองลักษณะ มีความสัมพันธ์กัน (หรือเปลี่ยนแปลงไปด้วยกันในตอนคัดเลือก) นั้นมักเกิดจากสองสาเหตุใหญ่ๆสองประการคือ ประการแรกการที่ยีนคู่เดียวหรือหลายคู่สามารถควบคุมสองลักษณะ และประการที่สองยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน ดังนั้นถ้าลักษณะทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันในทางบวก แสดงว่าถ้าหากคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะหนึ่งอีกลักษณะหนึ่งเพิ่มตามไปด้วย หรือถ้าลักษณะทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันในทางลบแล้วการเพิ่มลักษณะหนึ่งจะไปลดอีกลักษณะหนึ่ง อย่างไรก็ตามอิทธิพลของ linkage ในการก่อให้เกิดสหสัมพันธ์เฉพาะชั่วรุ่นแรกๆ แต่อิทธิพลจาก pleiotropy เกิดตลอดไปทุกชั่วรุ่น

สำหรับสหสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิต Smith (1933) รายงานว่า มีสหสัมพันธ์ในทางบวกระหว่าง ดัชนีพื้นที่ใบ กับ จำนวนทะลาย เมื่อดัชนีพื้นที่ใบสูงจะส่งผลทำให้ผลผลิตสูงตามไปด้วย ธีระภาพ (2552) รายงานว่า ลักษณะพื้นที่ใบมีสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์และฟีโนไทป์ในทางบวกต่อผลผลิต เนื่องจากใบเป็นส่วนในการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างน้ำตาลไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ในลำต้น ที่สำคัญคือนำไปสร้างผลผลิตทะลาย (Hardon *et al*., 1971) ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตทะลาย อาจพิจารณาได้จากลักษณะพื้นที่ใบ (วศะพงศ์ และธีระ, 2553) สำหรับลักษณะอื่นๆพบว่าเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตในลูกผสมแต่ละคู่ปรากฏว่าให้ผลที่ไม่เหมือนกัน แสดงว่าลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตทางลำต้นลักษณะใดลักษณะหนึ่งจะมีสหสัมพันธ์กับลักษณะผลผลิตลักษณะใดนั้น เป็นผลมาจากลักษณะพันธุกรรมในแต่ละลูกผสมเอง

Corley และคณะ (1971) รายงานว่า ความแปรปรวนของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตชั่วรุ่นลูกของปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ผลผลิตทะลาย น้ำหนักแห้งของใบ และน้ำหนักแห้งของลำต้น อัตราการเจริญเติบโต ดัชนีทะลาย ดัชนีพื้นที่ใบ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้น พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และผลผลิตทะลายมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโต ดัชนีทะลาย ดัชนีพื้นที่ใบ และค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้น

Obisesan และ Fatunla (1982) รายงานว่า จำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตทะลายสด แต่จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์กันในทางลบ

วัตถุประสงค์

การศึกษาที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและพันธุกรรมในปาล์มน้ำมันโดยรังสีแกมมา

1.1 เพื่อทดสอบหาระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมาที่เหมาะสมต่อการชักนำการกลายพันธุ์ของเมล็ดงอกของปาล์มน้ำมัน

1.2 เพื่อประเมินการรอดชีวิต ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านฉายรังสีแกมมาที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

1.3 เพื่อขยายและสร้างความแปรปรวนให้ฐานพันธุกรรมของปาล์มน้ำมัน

การศึกษาที่ 2 ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 3 ปี ที่ผ่านการแช่สารโคลชิซินตั้งแต่เป็นเมล็ดงอก

2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางการเจริญเติบโตที่เปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดจากการชักนำโดยสาร โคลชิซิน

2.2 เพื่อศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารโคลชิซินและระยะเวลาที่ใช้แช่เมล็ดที่ส่งผลต่อลักษณะการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้มี 2 การศึกษา คือ (1) ศึกษาผลของรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา โดยศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อ การมีชีวิตรอด การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและชักนำการกลายพันธุ์ โดยการฉายรังสีผ่านส่วนของเมล็ดงอก และ (2) ศึกษาและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตปฏิกริยาสัมพันธุ์ระหว่างระดับความเข้มข้น และระยะเวลาในการจุ่มแช่สารของสารโคลชิซิน ในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ไม่จุ่มแช่สารโคลชิซิน ปลูกที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง อำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา

1.วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1.1 วัสดุพืช

การศึกษาที่ 1 ใช้เมล็ดปาล์มที่เก็บเกี่ยวจากต้นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุประมาณ 180 วัน เป็นพันธุ์ผสมเปิดในโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การศึกษาที่ 2 ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 3 ปี ที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน ตั้งแต่เป็นเมล็ดงอก

1.2 วัสดุ

1.2.1 ป้ายแสดงหน่วยทดลอง

1.2.2 ปากกาเคมี

1.2.3 ป้ายพลาสติก

1.2.4 สมุดบันทึก

1.2.5 ถุงกระดาษ

1.2.6 มีดคัตเตอร์

1.2.7 เวอร์เนีย

1.2.8 ไม้บรรทัด

1.2.9 จานเพาะเลี้ยง

1.2.10 ปากคีบ

1.2.11 ใบมีด

1.2.12 กระดาษทิชชู่

1.2.13 ปุ๋ยเคมี

1.2.14 ถุงเพาะชำ

1.2.15 ดินผสม

1.3 อุปกรณ์

1.3.1 กล้องจุลทรรศน์แบบคอมพาวด์

1.3.2 ตู้อบ

1.3.3 เครื่องชั่งแบบละเอียดและหยาบ

2.วิธีการศึกษา

การศึกษาที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและพันธุกรรมในปาล์มน้ำมันโดยรังสีแกมมา

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยการฉายรังสีที่ความเข้มข้นต่างๆกัน 6 ระดับ ได้แก่ 0 1 2 3 4 และ 5 Krad จำนวน 5 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำใช้เมล็ดงอก 10 เมล็ด ต่อซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test (DMRT)

1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.2.1 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของรังสีแกมมากับชุดควบคุม ใช้วิธี Ducan's Multiple Range Test (DMRT) การทดลองการสุ่มสมบูรณ์ CRD แสดง ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ดังตารางที่ 4 (วัชรินทร์, 2545 ; ไพศาล, 2527)

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

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตจากทรีทเม้นต์ที่ i^{th} จำนวนซ้ำ j^{th}

i = 1,.....,a (a = จำนวนทรีทเม้นต์)

j = 1,.....,b (b = จำนวนซ้ำ)

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

T_i = อิทธิพลของทรีทเม้นต์

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกต Y_{ij} อย่างสุ่ม

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองในแผนสุ่มสมบูรณ์ CRD

Source	d.f.	MS	F
Treatment	t-1	M_2	M_2 / M_1
Error	t(r-1)	M_1	
Total	tr-1		

หมายเหตุ [1]MS = mean square, M_1 = mean square ของ treatment ., M_2 = mean square ของ error

1.2.2 การหาค่า LD_{50}

การรอดชีวิตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน และค่า LD_{50} เมื่อปาล์มน้ำมัน อายุครบ 15 30 45 60 90 และ 120 วันบันทึกข้อมูลเป็นเปอร์เซ็นต์ การรอดชีวิต และดำเนินการหาค่า LD_{50} ของรังสีแกมมา โดยวิธีการสมการถดถอย (simple regression) วิธีการ คือ นำข้อมูลจำนวนต้นปาล์มน้ำมันที่รอดชีวิตในแต่ละทรีทเมนต์ที่อายุ 90 วันหลังฉายรังสี

มาคำนวณเป็น % corrected mortality (Y) โดยเทียบกับชุดควบคุม จากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาหาค่า LD_{50} (Y_{50}) จากสูตรดังนี้

Y_{50} = $\bar{y} + b(X_{50} - \bar{x})$

Y_{50} = เปอร์เซ็นต์การตาย 50%

X_{50} = อัตราความเข้มข้นของรังสีแกมมาที่ LD_{50}

$$b = \frac{\Sigma XY - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n}}{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}}$$

$\bar{y}$ = อัตราการตายเฉลี่ยของกล้าปาล์มน้ำมัน

$\bar{x}$ = ความเข้มข้นเฉลี่ยของรังสีแกมมา

n = จำนวนทรีทเมนต์

1.3 การบันทึกข้อมูล

1.3.1 การฉายรังสีแกมมาและการอนุบาลต้นกล้า

คัดเลือกเมล็ดงอกที่สมบูรณ์ และมีจำนวนยอดเพียง 1 ต้นต่อเมล็ดมาทดลองฉายรังสีแกมมาที่ระดับความเข้มข้นจำนวน 6 ระดับ (0 1 2 3 4 และ 5 Krad) ใช้เมล็ดงอกจำนวน 10 เมล็ดต่อซ้ำ โดยการฉายรังสีใช้เมล็ดงอกทั้งหมดจำนวน 550 เมล็ด ภายหลังการฉายรังสีแล้วนำเมล็ดที่ได้ไปปลูกในถุงพลาสติกสีดำ ขนาด 15 x 23 ซม. หนา 250 เกจ ที่บรรจุวัสดุปลูกประกอบด้วยดิน 3 ส่วน แกลบ 1 ส่วน และปุ๋ยคอก 1 ส่วน ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ภายใต้สภาพการพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์

เมื่อกล้าปาล์มน้ำมันมีอายุครบ 3 เดือน ทำการย้ายต้นกล้าลงในถุงพลาสติกขนาด 45 x 45 ซม. หนา 500 เกจ โดยเตรียมวัสดุปลูกและการดูแลรักษาในสภาพแวดล้อมดังกล่าวข้างต้น ดำเนินการตรวจสอบผลของรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันโดยการบันทึกลักษณะทางสันฐานวิทยา ได้แก่ ความสูง ความกว้างโคนต้น จำนวนใบหอก จำนวนใบหางปลา จำนวนใบขนนก และบันทึกจำนวนต้นที่รอดชีวิตทุกทรีทเมนต์ในเดือนที่ 1 3 และ 6

1.3.2 การเจริญเติบโต และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

1.3.2.1 ความสูงวัดจากบริเวณพื้นผิวดินจนถึง หนามแรกของทางใบที่ 1 และ ปลายใบที่ยาวที่สุดของต้นปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน

1.3.2.2 ความกว้างโคนต้นที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน

การศึกษาที่ 2 ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 3 ปี ที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน ตั้งแต่เป็นเมล็ดงอก

2.1 แผนการทดลอง

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระดับความเข้มข้นกับระยะเวลาในการทรีตสารโคลชิซิน 3 x 5 แฟกทอเรียล (factorial set) ประกอบด้วยปัจจัย A คือ ระดับความเข้มข้นของสารโคลชิซิน 3 ระดับ และมีปัจจัย B คือ ระยะเวลาในการทรีตสารโคลชิซิน 5 ระดับ ทดลองร่วมกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ทรีตโคลชิซิน ใช้วิธี Ducan's Multiple Range Test (DMRT) การทดลองการสุ่มสมบูรณ์ CRD แสดงตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ดังตารางที่ 5 (วัชรินทร์, 2545 ; ไพศาล, 2527)

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ CRD มีดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตแต่ละค่าที่ได้จากทรีทเมนต์ i และ j ซ้ำที่ k

i = 1,…,a (a = จำนวนระดับของปัจจัย A)

j = 1,…,b (b = จำนวนระดับของปัจจัย B)

k = 1,…,r (r = จำนวนซ้ำ)

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

A_i = อิทธิพลหลักของปัจจัย A

B_j = อิทธิพลหลักของปัจจัย B

$(AB)_{ij}$ = ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย A และ B

ε_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยในแผนสุ่มสมบูรณ์ CRD

Source	d.f.	MS	F
Treatment	t-1	M_5	M_5/ M_1
A	a-1	M_4	M_4 / M_1
B	b-1	M_3	M_3 / M_1
AB	(a-1)(b-1)	M_2	M_2 / M_1
Error	t(r-1)	M_1	
Total	tr-1		

หมายเหตุ [1]MS = mean square, M1 = mean square ของ error ., M2 = mean square ของ factor A X factor B., M3 = mean square ของ factor B ., M4 = mean square ของfactor A ., M5 = mean square treatment .,

2.1.1 การประเมินผลของสารโคลชิซินต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเซลล์คุมต้นปาล์มน้ำมัน ทำการสุ่มตัดใบปาล์มน้ำมันขนาดประมาณ 3 x 3 ซม. นำตัวอย่างใบที่ได้มาลอกเนื้อเยื่อใต้ท้องใบด้วยใบมีดโกน และดึงออกด้วยปากคีบแล้วนำมาวางบนแผ่นสไลด์ที่หยดน้ำไว้ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบคอมพาวด์ที่กำลังขยาย 400 เท่า หลังจากนั้นจึงทำการสุ่มวัดขนาดความกว้าง ความยาว ของเซลล์คุม ในเซลล์คุมจำนวน 10 เซลล์ต่อใบ ทำต้นละ 3 ใบ สำหรับการวัดความหนาแน่นของเซลล์คุม จะนับจำนวนเซลล์คุมจากพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 5 พื้นที่ต่อ 1 ต้น (สิทธิพงษ์ และธีระ, 2553)

2.1.2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของปาล์มน้ำมัน ค่าการเจริญเติบโตทางลำต้น เช่น ขนาดของโคนต้น ความสูงต้น และจำนวนใบ ที่ศึกษา นำมาวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะโดยหาค่าดรรชนีสหสัมพันธ์ (ธีระ, 2554)

$$r = \frac{\sum (X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \overline{X})^2 \sum (Y_i - \overline{Y})^2}}$$

เมื่อ r = ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ X และ Y

X_i = ค่าสังเกตุที่ i ของตัวแปรลักษณะ X (เมื่อ i = 1,2,……,n)

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะ X

Y_i = ค่าสังเกตุที่ i ของตัวแปรลักษณะ Y (เมื่อ i = 1,2,……,n)

$\overline{Y}$ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะ Y

2.2 การบันทึกข้อมูล

2.2.1 ทางด้านการเจริญเติบโตทางลำต้น

การวัดการเจริญเติบโตทางลำต้นโดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบไม่ทำลายต้นของ Corley และ Tinker (2003) การสุ่มเลือกทางใบตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลในแต่ละต้นจะใช้ทางใบที่ 17 เป็นหลัก สำหรับใช้ในการบันทึกข้อมูล วิธีเลือกตัวอย่างใบที่ 17 มีดังนี้

2.2.1.1 เลือกต้นปาล์มที่จะเก็บตัวอย่าง ติดป้ายแสดงหน่วยการทดลอง

2.2.1.2 เลือกใบที่ 1 ซึ่งได้แก่ ใบอ่อนที่สุดที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว โดยสังเกตจากใบย่อยบริเวณโคนใบคลี่เต็มที่และตั้งฉากกับแกนกลางใบแล้ว

2.2.1.3 สังเกตการเวียนของใบว่าเป็นการเวียนซ้าย หรือเวียนขวา

2.2.1.4 ใบที่อยู่ด้านล่างเยื้องกับใบที่ 1 เล็กน้อย คือ ใบที่ 9 ซึ่งใบที่ 9 นี้เยื้องไปทางซ้ายหรือขวาของใบที่ 1 ขึ้นอยู่กับการเวียนของใบ ถ้าต้นปาล์มน้ำมันมีใบเวียนซ้ายใบที่ 9 จะเยื้องไปทางด้านขวา แต่ถ้าต้นปาล์มน้ำมันมีใบเวียนขวาใบที่ 9 จะเยื้องไปทางด้านซ้าย

2.2.1.5 ไล่ลำดับถอยลงมาด้านล่างอีกชั้นจะเป็นใบที่ 17 (เนื่องจากรอบของการเวียนของใบ 1 รอบจะมี 8 ใบ ดังนั้นใบที่ 1, 9, 17, 25,..... จะอยู่ในแนวที่ใกล้เคียงกัน)

2.2.2 ลักษณะที่บันทึกข้อมูล มีดังนี้

2.2.2.1 ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นระดับพื้นดินถึงตำแหน่งรอยต่อระหว่างก้านและแกนทางใบที่ 1

2.2.2.2 ความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร) วัดจากทางใบที่ 17 ที่ตัดครั้งแรก กับโคนทางใบที่ 17 ที่ตัดครั้งสุดท้าย

2.2.2.3 ความยาวของทางใบโดยตำแหน่งที่ทำการวัดคือทางใบที่ 17 ในการวัดจะเริ่มวัดจากจุดกำเนิดของใบย่อยล่างสุดใบจนถึงจุดกำเนิดของใบย่อยบนสุด

2.2.2.4 จำนวนใบย่อยที่มีบนทางใบที่ 17

2.2.2.5 ความยาวใบย่อย มีวิธีการวัด คือ สุ่มวัดความยาวใบบริเวณตรงกลางของทางใบ สังเกตที่ทางใบมีลักษณะเริ่มเป็นสันรูปสามเหลี่ยม สุ่มด้านซ้าย 3 ใบ และด้านขวา 3 ใบ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2.2.6 ความกว้างใบย่อย วิธีการวัด คือ สุ่มวัดความกว้างใบบริเวณตรงกลางของทางใบ สังเกตที่ทางใบมีลักษณะเริ่มเป็นสันรูปสามเหลียม สุ่มด้ายซ้าย 3 ใบ และด้านขวา 3 ใบ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2.2.7 ความกว้างของทางใบ วัดบริเวณโคนทางใบที่ตัดระหว่างส่วนของทางใบที่เริ่มมีหนาม

2.2.2.8 ความหนาของทางใบ วัดบริเวณโคนทางใบที่ตัดระหว่างส่วนของทางใบที่เริ่มมีหนาม

2.2.2.9 พื้นที่ใบ (LA, ตารางเมตร) สามารถหาได้จากสมการของ Henson (1993)

$$LA = -0.25 + 0.455nlw$$

เมื่อ n = จำนวนใบย่อย

lw = ค่าเฉลี่ยของความยาวใบย่อย × ค่าเฉลี่ยความกว้างของใบย่อย

บทที่ 3

ผล และวิจารณ์

1 การทดลองที่ 1 ผลของรังสีแกมมา

1.1 การรอดชีวิตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน และค่า LD_{50}

ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (ตารางที่ 6) มีแนวโน้มการรอดชีวิตต่ำลงเมื่อความระดับเข้มข้นสูงขึ้น โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 3 4 5 Krad พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ อายุ 60 วัน มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตน้อยที่สุด (10.42% 6.00% และ 6.00% ตามลำดับ) และเมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ อายุ 90 วัน ไม่พบเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 3 4 และ 5 Krad

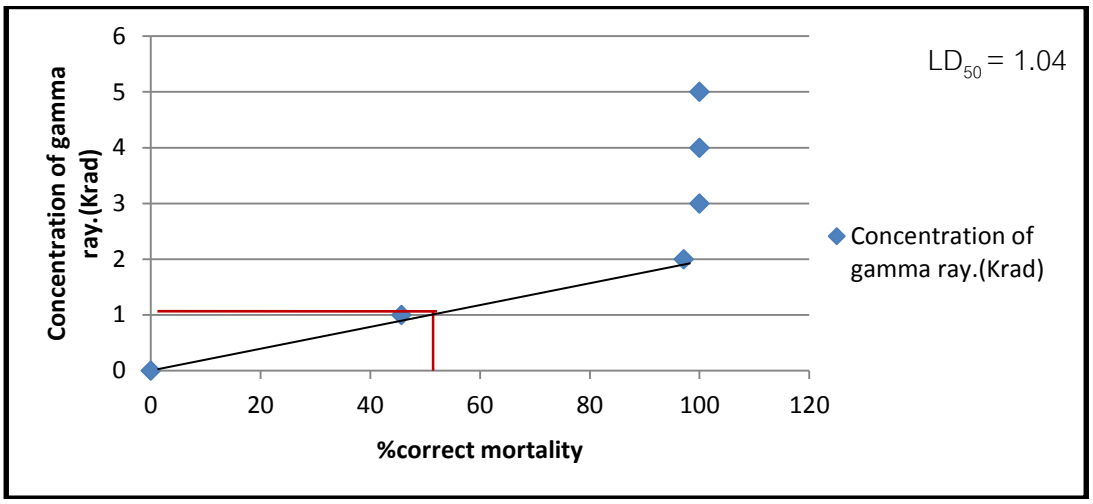
ตารางที่ 6 ผลของรังสีแกมมาต่อการรอดชีวิตของกล้าปาล์มน้ำมัน

Concentration of gamma ray (Krad)	Survivals (%)						
	1 day	15 day	30 day	45 day	60 day	90 day	120 day
0	100	96.00	90.00	80.00	76.00	76.00	76.00
1	100	95.65	89.13	78.26	60.87	41.30	41.30
2	100	65.65	84.78	71.74	34.78	2.17	2.17
3	100	95.65	75.00	52.08	10.42	0	0
4	100	92.00	74.00	30.00	6.00	0	0
5	100	82.61	67.39	32.61	6.00	0	0

เมื่อนำค่าจำนวนการรอดชีวิตของกล้าปาล์มน้ำมันเมื่ออายุ 90 วัน มาคำนวณค่า % corrected mortality (ตารางที่ 6) พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 3 4 5 Krad ต้นกล้าปาล์มน้ำมันตาย 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) นำข้อมูลการตายของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้มาคำนวณหาค่าระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา ที่ทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 90 วัน ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีการสมการถดถอยค่าที่ได้เท่ากับ 1.04 Krad (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 7 ค่า%correct mortality ของปาล์มน้ำมันที่ฉายรังสีแกมมาที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (90 วัน)

Concentration of gamma ray.(Krad)	Survivals (%)	% correct mortality
0	76.00	0
1	41.30	46.65
2	2.17	97.14
3	0	100
4	0	100
5	0	100



ภาพที่ 2 ค่า LD_{50} ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเมื่ออายุ 90 วัน

สุรเชษฐ (2550) รายงานว่า รังสีสามารถก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อลักษณะต่างๆ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความงอก จำนวนต้นที่รอดชีวิต และจำนวนต้นที่รอดชีวิตลดลงอย่างมากตามระดับความเข้มข้นของรังสีที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากระดับความเข้มข้นของรังสีที่ใช้สูงเกินไปมีผลไปทำลายเนื้อเยื่อเจริญ หรือส่วนต้นอ่อนภายในเมล็ดโดยตรง เมล็ดบางส่วนจึงสูญเสียความมีชีวิต โดยปกติการฉายรังสีต้องพิจารณาจากค่า LD_{50} เป็นเบื้องต้น ค่าดังกล่าวบอกถึงระดับของรังสีที่ทำให้มีจำนวนต้นรอดชีวิต 50 เปอร์เซ็นต์

1.2 การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

1.2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน อายุ 1 เดือน จำนวน 6 ลักษณะ (ตารางที่ 8) พบว่า จำนวนใบรูปหอก ความสูงต้น ขนาดโคนต้น ความยาวทางใบ ความกว้างทางใบ มีความแตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น (1 เดือน)

Source of variation	df	Mean squares				
		No. of lanceolate leaves	Plant height	Stem size	Length of bulb	Width of bulb
Treatments	5	7.79**	13.81**	0.47**	31.85**	1.24**
Error	24	0.17	0.45	0.01	1.65	0.01
Total	29	1.48	2.75	0.08	6.85	0.23

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน อายุ 3 เดือน จำนวน 5 ลักษณะ (ตารางที่ 9) พบว่า จำนวนใบรูปหอก ความสูงต้น ขนาดโคนต้น ความยาวทางใบ ความกว้างทางใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น (3 เดือน)

Source of variation	df	Mean squares				
		No. of lanceolate leaves	Plant height	Stem size	Length of bulb	Width of bulb
Treatments	5	31.99**	20.37**	0.66**	130.24**	14.56**
Error	24	0.80	0.16	0.004	2.00	0.51
Total	29	159.95	101.83	3.23	651.23	72.83

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน อายุ 6 เดือน จำนวน 6 ลักษณะ (ตารางที่ 10) พบว่า จำนวนใบรูปหอก ความสูงต้น ขนาดโคนต้น ความยาวทางใบ ความกว้างทางใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น (6 เดือน)

Source of variation	df	Mean squares					
		No. of lanceolate leaves	No. of bifurcate leaves	Plant height	Stem size	Length of bulb	Width of bulb
Treatments	5	42.10**	11.99**	77.68**	1.78**	568.64**	41.14**
Error	24	1.60	0.14	0.60	0.046	2.16	0.61
Total	29	210.5	59.95	388.41	8.94	2843.19	205.73

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

1.3 ชนิดและการพัฒนาของใบปาล์ม

ใบของปาล์มน้ำมัน มี 3 แบบด้วยกัน คือ ใบรูปหอก ใบรูป สองแฉก และใบรูปขนนก ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2545) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนใบรูปหอก รูปสองแฉก และรูปขนนกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในเดือนที่ 1 3 และ 6 (ตารางที่ 11) พบว่า ในเดือนที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 0 Krad มีจำนวนใบรูปหอกเฉลี่ยสูงสุดคือ 3 ใบ/ต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 3 4 5 Krad มีจำนวนใบรูปหอกเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0 ใบ/ต้น โดยต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 1 Krad มีจำนวนใบหอกเฉลี่ย 1.8 ใบ/ต้นและที่ระดับความเข้มข้น 2 Krad เฉลี่ย 1.4 ใบ/ต้น

สำหรับในเดือนที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 0 Krad มีจำนวนใบรูปหอกเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.6 ใบ/ต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 3 4 5 Krad มีจำนวนใบรูปหอกเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0 ใบ/ต้น โดยต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 1 Krad มีจำนวนใบหอกเฉลี่ย 4.2 ใบ/ต้นและที่ระดับความเข้มข้น 2 Krad เฉลี่ย 0.8 ใบ/ต้น

สำหรับในเดือนที่ 6 การปรากฏของใบหางปลาเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad เท่านั้น

การเจริญเติบโตและพัฒนาของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเป็นการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงขนาดของใบและต้น การเปลี่ยนแปลงลักษณะของใบและการสร้างใบใหม่ ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่ปลูกเมล็ดงอกลงถุง จนถึงระยะที่ปลูกลงแปลงปลูก

ชูจิต และคณะ (2536); Tan และ Mohan (1981) อ้างโดย กรมวิชาการเกษตร, (2545) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต และพัฒนาการของต้นกล้าปาล์มน้ำมันสังเกตชัดเจนที่สุดคือ จำนวนการสร้างใบใหม่ ลักษณะของใบ และความยาวของทางใบใหม่ที่เพิ่มขึ้น สำหรับต้นกล้าที่มีอายุ 6 - 7 เดือน มีใบเพียง 2 ชุด คือใบรูปหอกและใบรูปสองแฉก

ตารางที่ 11 ผลของรังสีแกมมาต่อการปรากฏใบแรกและการสร้างใบชนิดต่างๆของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน

Concentration of gamma ray. (Krad)	No. of appeared leaves (1 month)	No. of lanceolate leaves (3 month)	No. of bifurcate leaves (6 month)
0	3 a	5.6 a	3.8
1	1.8 b	4.2 b	0
2	1.4 c	4 b	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
F-test	**	**	**
CV (%)	39.51	11.48	17.45

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

1.3.1 ผลของรังสีแกมมาต่อความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในเดือนที่ 1 3 และ 6 (ตารางที่ 12) พบว่าในเดือนที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 0 Krad มีความสูงเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.2 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 1 2 Krad โดยต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 1 Krad มีความสูงเฉลี่ย 1.8 เซนติเมตร และที่ระดับความเข้มข้น 2 Krad เฉลี่ย 1.6 เซนติเมตร แต่ที่ระดับความเข้มข้นอื่นไม่พบการพัฒนาทางการเจริญเติบโต

สำหรับในเดือนที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 0 Krad มีความสูงเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.2 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 3 4 5 Krad ไม่มีความสูงมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0 เซนติเมตร โดยต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 1 Krad มีความสูงเฉลี่ย 1.5 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้น 2 Krad เฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร แต่ที่ระดับความเข้มข้นอื่นไม่พบการพัฒนาทางการเจริญเติบโต

สำหรับในเดือนที่ 6 ที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 0 Krad มีความสูงเฉลี่ยสูงสุดคือ 10.2 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 3 4 5 Krad ไม่มีการเจริญเติบโตโดยมีความสูงเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0 เซนติเมตร และ ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 1 Krad มีความสูงเฉลี่ย 2.6 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้น 2 Krad เฉลี่ย 3.5 เซนติเมตร แต่ที่ระดับความเข้มข้นอื่นไม่พบการพัฒนาทางการเจริญเติบโต

อังคณา (2551) รายงานว่าข้อดีของลักษณะความสูงต้นคือทำให้มีจำนวนทางใบ จำนวนดอก และผลผลิตทะลายเพิ่มขึ้น ซึ่งความสูงต้นเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างทางใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งส่งผลต่อการสร้างดอก หากต้นปาล์มมีความสูงเพิ่มขึ้นก็ย่อมมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะให้ผลผลิตทะลายเพิ่มขึ้นด้วย

แต่จากการพิจารณาความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมาเพิ่มสูงขึ้น ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลดลง แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมามีผลทางลบต่อการเพิ่มความสูงของปาล์มน้ำมันอย่างชัดเจน

ตารางที่ 12 ผลของรังสีแกมมาต่อความสูงของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน

Concentration of	Plant height (cm)		
gamma ray. (Krad)	1 month	3 month	6 month
0	4.2 a	5.2 a	10.2 a
1	1.8 b	2.2 b	2.6 b
2	1.6 b	2c	2 c
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
F-test	**	**	**
CV (%)	52.95	10.00	8.42

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

1.3.2 ผลของรังสีแกมมาต่อความกว้างใบของกล้าปาล์มน้ำมัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความกว้างใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในเดือนที่ 1 3 และ 6 (ตาราง 13) พบว่า ทุกเดือนมีความกว้างใบเพิ่มขึ้น ซึ่งต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 0 Krad มีค่าเฉลี่ยความกว้างใบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นอื่นๆ โดยในเดือนที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad มีความกว้างใบเฉลี่ยสูงสุด คือ 1.24 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 1 2 Krad ความกว้างใบลดลง 6.04 0.35 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ที่ระดับความเข้มข้นอื่นไม่พบการพัฒนาทางการเจริญเติบโต

เดือนที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad มีความกว้างใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.08 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 1 2 Krad ความกว้างใบลดลง 1.9 1 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ที่ระดับความเข้มข้นอื่นไม่พบการพัฒนาทางการเจริญเติบโต

เดือนที่ 6 ที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad มีความยาวกว้างใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.3 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่ระดับ

ความเข้มข้น 1 2 Krad ความกว้างใบลดลง 2 1 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ที่ระดับความเข้มข้นอื่นไม่พบการพัฒนาทางการเจริญเติบโต

ตารางที่ 13 ผลของรังสีแกมมาต่อความกว้างใบของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน

Concentration of gamma ray. (Krad)	Width of leaf (cm)		
	1 month	3 month	6 month
0	1.24a	4.08a	7.3a
1	0.64b	1.9b	2b
2	0.35b	1b	1b
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
F-test	**	**	**
CV(%)	33.06	18.24	13.50

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

1.3.3 ผลของรังสีแกมมาต่อความยาวทางใบของกล้าปาล์มน้ำมัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความยาวทางใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในเดือนที่ 1 3 6 และ 9 (ตารางที่ 14) พบว่า ทุกเดือนมีความยาวทางใบเพิ่มขึ้น ซึ่งต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมา 0 Krad มีค่าเฉลี่ยความยาวทางใบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นอื่นๆ โดยในเดือนที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad มีความยาวทางใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 6.45 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 Krad ความยาวทางใบลดลง 2.46 1.72 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้น 3 4 และ 5 Krad เพราะไม่มีการปรากฏความยาวทางใบ

เดือนที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad มีความยาวทางใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 12.6 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่ระดับความ

เข้มข้น 1 2 Krad ความยาวทางใบลดลง 4.8 1.9 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้น 3 4 และ 5 Krad เพราะไม่มีการปรากฏความยาวทางใบ

เดือนที่ 6 ที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad มีความยาวทางใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 27.8 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 1 2 Krad ความยาวทางใบลดลง 6.57 1.9 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้น 3 4 และ 5 Krad เพราะไม่มีการปรากฏความยาวทางใบ

จากการพิจารณาความยาวทางใบพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นที่มีค่าเฉลี่ยความยาวทางใบมากส่งผลให้มีพื้นที่ใบมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นปาล์มน้ำมันมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย ลักษณะดังกล่าวเป็นปัจจัยที่สำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชทำให้พืชต้นนั้นมีการเจริญเติบโตได้ดี

ตารางที่ 14 ผลของรังสีแกมมาต่อความยาวใบของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน

Concentration of gamma ray. (Krad)	Leaf length (cm)		
	1 month	3 month	6 month
0	6.45a	12.6a	27.8a
1	2.46b	4.8b	6.57b
2	1.72c	1.9c	9.5c
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
F-test	**	**	**
Cv(%)	53.95	9.31	5.94

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

1.3.4 ผลของรังสีแกมมาต่อขนาดโคนต้นของกล้าปาล์มน้ำมัน

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดโคนต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา 6 ระดับต่างกันที่ 3 อายุคือ 1 3 และ 6 เดือน (ตารางที่ 15) พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีขนาดโคนต้นเพิ่มขึ้นทั้ง 3 อายุ โดยในเดือนที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad มีขนาดโคนต้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.58 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้น 1 2 Krad มีขนาดโคนต้นเฉลี่ยคือ 0.56 0.53 เซนติเมตร

เดือนที่ 3 ที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad มีขนาดโคนต้น เฉลี่ยสูงสุดคือ 0.87 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้น 1 2 Krad มีขนาดโคนต้นเฉลี่ยคือ 0.58 0.5 เซนติเมตร

เดือนที่ 6 ที่ระดับความเข้มข้น 0 Krad มีขนาดโคนต้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 14.38 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้น 1 2 Krad มีขนาดโคนต้นเฉลี่ยคือ 0.78 0.5 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้นอื่นไม่พบการพัฒนาทางการเจริญเติบโตของโคนต้น

ตารางที่ 15 ผลของรังสีแกมมาต่อขนาดโคนต้นของกล้าปาล์มน้ำมันที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน

Concentration of	Stem size (cm)		
gamma ray. (Krad)	1 month	3 month	6 month
0	0.58a	0.87a	1.43a
1	0.56b	0.58b	0.77b
2	0.53c	0.5c	0.5c
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
F-test	**	**	**
Cv(%)	30.96	6.09	14.04

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

1.3.5 ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา อายุ 1 3 6 เดือน

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นในกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา อายุ 1 เดือน (ตารางที่ 16) พบว่า จำนวนใบรูปหอกมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะความกว้างใบ ความยาวทางใบ ความสูงต้น และขนาดโคนต้น มีค่า 0.95 0.95 0.97 และ 0.87 ตามลำดับ

ความกว้างใบมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะความยาวทางใบ ความสูงต้นและจำนวนใบหอก มีค่า 0.91 0.94 และ 0.95 ตามลำดับ ความสูงต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะขนาดโคนต้นและจำนวนใบหอก มีค่า 0.80 และ 0.95 ตามลำดับ

ขนาดโคนต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะจำนวนใบหอก มีค่า 0.87

ระดับความเข้มข้นรังสีแกมมามีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะความกว้างใบ ความสูงต้นขนาดโคนต้น และจำนวนใบหอก มีค่า -0.88 -0.84 -0.85 และ -0.89 ตามลำดับ

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา (อายุ 1 เดือน)

Character	Concentration	Width of bulb	Length of bulb	Plant height	Stem size	lanceolate leaves
Width of bulb	-0.88*	-				
Length of bulb	-0.79^{ns}	0.91**	-			
Plant height	-0.84*	0.94**	0.96**	-		
Stem size	-0.85*	0.79^{ns}	0.74^{ns}	0.80*	-	
Lanceolate leaves	-0.89*	0.95**	0.95**	0.97**	0.87*	-

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.05$

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นในกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา อายุ 3 เดือน (ตารางที่ 17) พบว่า จำนวนใบรูปหอกมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะ ความยาวทางใบ ความสูงต้นและขนาดโคนต้น มีค่า 0.88 0.88 และ 0.98 ตามลำดับ

ความกว้างใบมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะความยาวทางใบ ความสูงต้นและจำนวนใบหอก มีค่า 0.93 0.96 และ 0.81 ตามลำดับ

ความสูงต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะขนาดโคนต้นและจำนวนใบหอก มีค่า 0.90 และ 0.88 ตามลำดับ และลักษณะขนาดโคนต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะจำนวนใบหอก มีค่า 0.98

ระดับความเข้มข้นรังสีแกมมามีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะ ความกว้างใบ ความยาวทางใบ ขนาดโคนต้นและจำนวนใบหอก มีค่า -0.70 -0.70 -0.85 -0.85 ตามลำดับ

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา (อายุ 3 เดือน)

Character	Concentration	Width of bulb	Length of bulb	Plant height	Stem size	lanceolate leaves
Width of bulb	-0.70*	-				
Length of bulb	-0.70*	0.93**	-			
Plant height	-0.77*	0.96**	0.98**	-		
Stem size	-0.85*	0.81*	0.92**	0.90*	-	
lanceolate leaves	-0.82*	0.77*	0.88*	0.80*	0.98**	-

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.05$

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นในกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา อายุ 6 เดือน (ตารางที่ 18) พบว่า ของจำนวนใบรูปหางปลามีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับลักษณะความกว้างใบ ความยาวทางใบ ความสูงต้น และขนาดโคนต้น มีค่า 0.89 0.92 0.90 และ 0.97 ตามลำดับ

ความกว้างใบมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับลักษณะความยาวทางใบ ความสูงต้น ขนาดลำต้น และจำนวนใบหางปลา มีค่า 0.97 0.97 0.90 และ 0.89 ตามลำดับ

ความสูงต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะขนาดโคนต้นและจำนวนใบหางปลา มีค่า 0.90 และ 0.90 ตามลำดับ

ขนาดโคนต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับลักษณะจำนวนใบหอก มีค่า 0.97

ระดับความเข้มข้นรังสีแกมมามีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะความกว้างใบ ความยาวทางใบ และความสูงต้น มีค่า -0.76 -0.77 และ-0.77ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา (อายุ 6 เดือน)

Character	Concentration	Width of bulb	Length of bulb	Plant height	Stem size	lanceolate leaves	Bifurcate leaves
Concentration	-						
Width of bulb	-0.76*	-					
Length of bulb	-0.77*	0.97**	-				
Plant height	-0.77*	0.97**	0.98**	-			
Stem size	-0.67 ns	0.90**	0.95**	0.90**	-		
lanceolate leaves	-0.70*	0.55 ns	0.58 ns	0.60 ns	0.41 ns	-	
Bifurcate leaves	-0.64 ns	0.89**	0.92**	0.90**	0.97**	0.35 ns	-

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

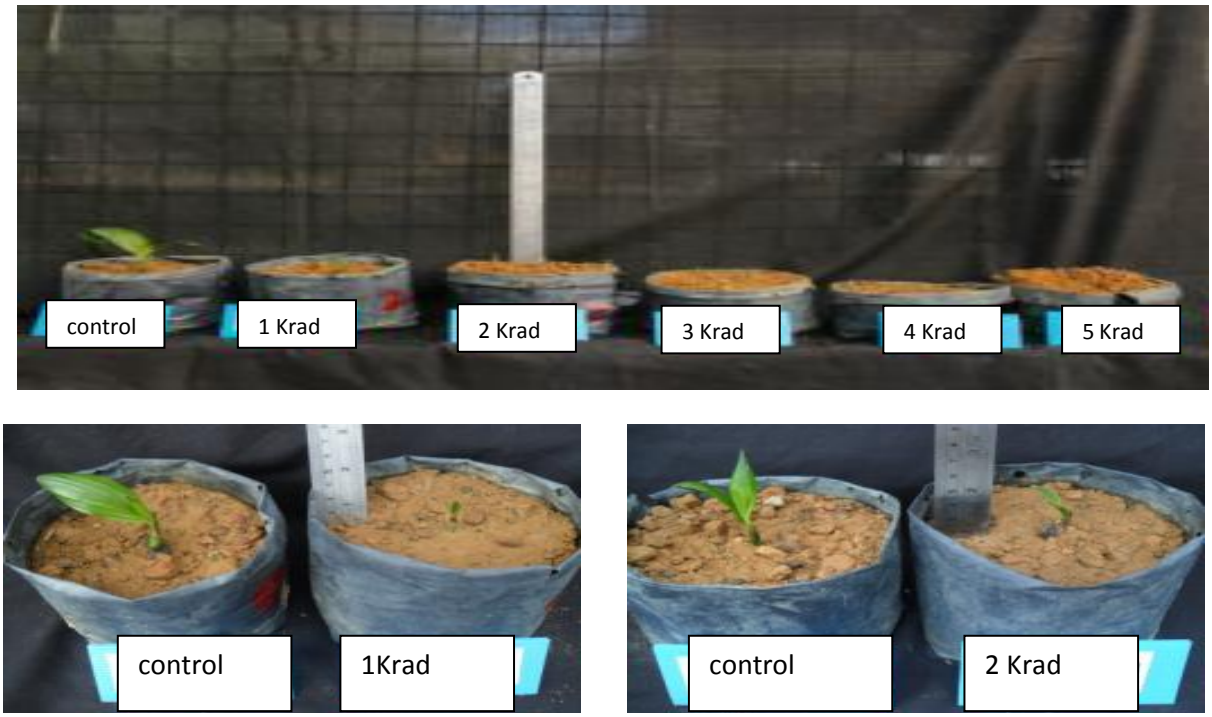
* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.05$

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นในกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆของรังสีแกมมา พบว่า ลักษณะของจำนวนใบรูปหอกมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะความสูงต้น ขนาดโคนต้น และความยาวใบ ซึ่งความสูงต้นเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างทางใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งส่งผลต่อการสร้างดอก หากต้นปาล์มมีความสูงเพิ่มขึ้นก็ย่อมมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะให้ผลผลิตทะลายเพิ่มขึ้นด้วย (อังคณา, 2552) แต่เมื่อพิรจานาถึงระดับความเข้มข้นของรังสีแกมมาค่าสหสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจะเป็นไปในทางลบกล่าวได้ว่ารังสีแกมมามีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเป็นอย่างยิ่งซึ่งผลการเจริญเติบโตดังกล่าวอาจจะเป็นผลมาจากการเนื้อเยื่อพืชได้รับความเสียหายจากการฉายรังสีโดยตรงกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น สอดคล้องกับ วศะพงศ์และธีระ (2553)รายงานว่า พื้นที่ใบมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะน้ำหนักใบแห้ง และความยาวใบ มีค่า 0.839 และ 0.680 ตามลำดับ สอดคล้องกับ ประภัสษร (2550) น้ำหนักใบแห้ง และความยาวใบมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะพื้นที่ใบ มีค่า 0.643 และ 0.521 ตามลำดับ แต่จำนวนใบมีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะน้ำหนักใบแห้ง ความยาวใบ และพื้นที่ใบ มีค่า -2.943 -0.415 และ -1.970 ตามลำดับ

1.4.ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะผิดปกติทางสัณฐานวิทยา

ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะผิดปกติทางสัณฐานวิทยา (อายุ 1 เดือน) จากการสังเกตด้วยสายตา พบว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา มีบางลักษณะที่แตกต่างจากระดับ 0 Krad อย่างเห็นได้ชัด โดยพบว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันบางต้นมีลักษณะที่ผิดปกติ คือ ต้นแคระ (ภาพที่ 3) ลักษณะดังกล่าวพบว่าเกิดจากต้นที่เจริญจากเมล็ดงอกที่ผ่านการฉายรังสีที่ระดับ 1 และ 2 Krad ในความเข้มข้นอื่นๆไม่พบการพัฒนา

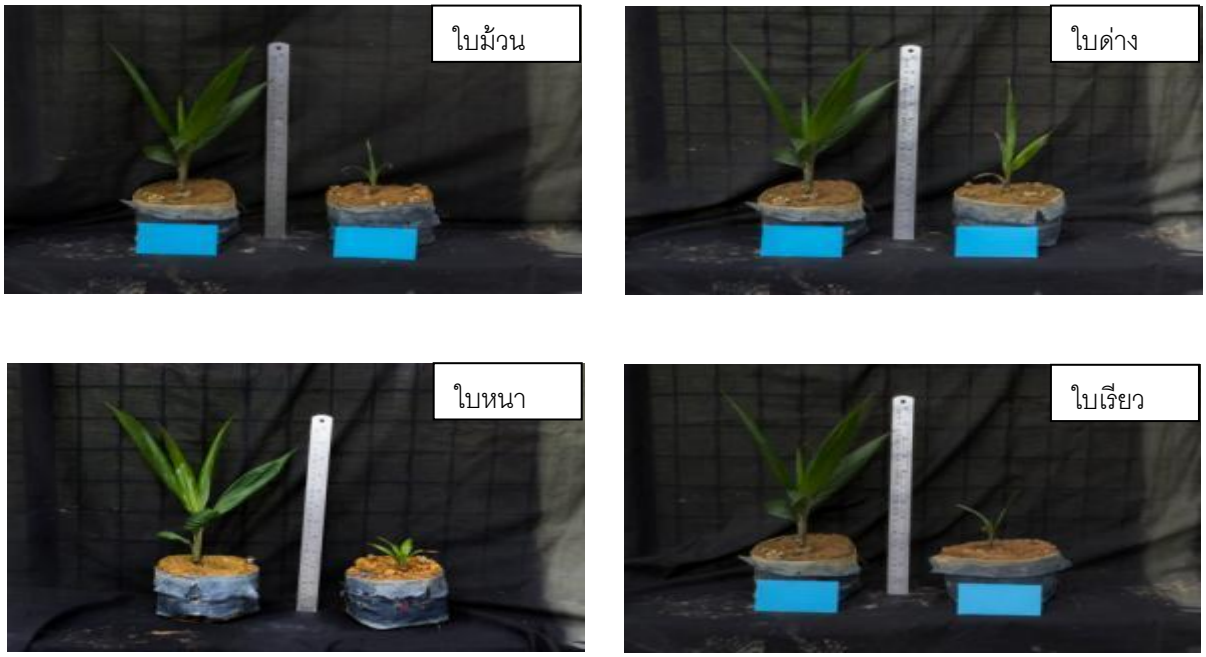


ภาพที่ 3 ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะผิดปกติทางสัณฐานวิทยา(อายุ 1 เดือน)

ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะผิดปกติทางสัณฐานวิทยา (อายุ 3 เดือน) จากการสังเกตด้วยสายตา พบว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมามีบางลักษณะที่แตกต่างจากชุดควบคุม อย่างเห็นได้ชัด โดยพบว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันบางต้นมีใบที่ผิดปกติ เช่น ใบม้วน ใบเรียวยาว ใบด่าง ใบสีเขียวเข้มหนา และใบด่าง เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบต้นที่มีลำต้นผิดปกติอย่างต้นแคระ (ภาพที่ 4) ลักษณะดังกล่าวพบว่าเกิดจากต้นที่เจริญจากเมล็ดงอกที่ผ่าน การฉายรังสีที่ระดับ 1 และ 2 Krad ในความเข้มข้นอื่นๆไม่พบการพัฒนา แสดงให้เห็นว่ารังสีแกมมามีผลต่อการแสดงออกของลักษณะผิดปกติของใบพืชที่ได้รับรังสีแกมมาอย่างชัดเจน

ตารางที่ 19 จำนวนต้นที่ผิดปกติของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน (อายุ 3 เดือน)

Abnormal character	No. of abnormal plant					
	Dose (Krad)					
	0	1	2	3	4	5
1. Draf	0	24	12	-	-	-
2. Characters of abnormal leaves						
- roll leaves	0	2	1	-	-	-
- slender leaves	0	5	5	-	-	-
- spot leaves	0	7	2	-	-	-
- big size or small size leaves	0	5	2	-	-	-
- dark green leaves	0	2	2	-	-	-
- no development growth	0	20	38	48	50	50



ภาพที่ 4 ผลของรังสีแกมมาต่อลักษณะผิดปกติทางสัณฐานวิทยา (อายุ 3 เดือน)

2 การทดลองที่ 2 ผลสารโคลชิซิน

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

2.1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางการเจริญเติบโต

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตทางลำต้น จำนวน 6 ลักษณะ (ตารางที่ 20) พบว่า ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความยาวทางใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งทางใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ระหว่างความเข้มข้น สำหรับความแตกต่างของระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน พบว่าความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความยาวทางใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งทางใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างระยะเวลาในจุ่มแช่ในสาร จากการพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นกับระยะเวลาในการแช่สาร พบว่า ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความยาวทางใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งทางใบ ปฏิกริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางการเจริญเติบโต

Source	df	Mean square				
		Vegetative growth				
		TH	TD	LL	LA	LDW
Treatments	15	1940.56**	616.51**	913.73**	588.04**	587.95**
Concentration (A)	2	3506.97**	1191.25**	1124.59**	769.96**	771.21**
Time(B)	4	1385.05**	565.11**	948.38**	600.52**	600.78**
Concentration x time	8	1940.47**	574.35**	914.62**	574.53**	573.89**
Error	64	177.66	63.1	32.37	24.34	24.33
Total	79	512.39	168.18	199.72	131.37	131.34
CV (%)		20.53	20.18	11.61	12.58	12.57

หมายเหตุ ** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

TH = ความสูงต้น (ซม.) TD = เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)

LL = ความยาวทางใบ (ซม.) LA = พื้นที่ใบ ($ม^2$)

LDW = น้ำหนักแห้งทางใบ(กก/ต้น/ปี) CV = สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

2.1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเซลล์คุม

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในลักษณะต่าง ๆ ของเซลล์คุม จำนวน 3 ลักษณะ (ตารางที่ 21) พบว่า ความกว้างเซลล์คุมและความยาวเซลล์คุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ระหว่างความเข้มข้น แต่ลักษณะความหนาแน่นเซลล์คุมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับความแตกต่างของระยะเวลาในการแช่สารโคลชิชินเมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยความสูงของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิชินที่ระดับ พบว่าความหนาแน่นเซลล์คุม ความกว้างเซลล์คุมและความยาวเซลล์คุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างระยะเวลาในการแช่สาร

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะเซลล์คุม

Source	df	Mean square		
		Vegetative growth		
		Guard cell density	Guard cell length	Guard cell width
Treatments	15	126.53**	0.27**	0.03**
Concentration (A)	2	14.38^{ns}	0.35**	0.04**
Time(B)	4	187.70**	0.16*	0.03**
Concentration x Time	8	138.54**	0.33**	0.04**
Error	32	17.45	0.04	0.003
Total	47	52.26	0.11	0.01
CV (%)		36.27	21.32	25.99

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.05$

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

2.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะทางการเจริญเติบโต

2.2.1 ความสูงต้น

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความสูงของต้นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 22) พบว่า ความสูงของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ โดยสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีความสูงต้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 76.56 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ ในขณะที่ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ย 67.80 และ 53.12 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับความสูงของต้นปาล์มน้ำมันที่ระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน ทั้ง 5 ระดับ พบว่า แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความสูงของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง โดยสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีความสูงต้นเฉลี่ยสูงสุด คือ 74.62 เซนติเมตร ในขณะที่ปาล์มน้ำมัน ที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 69.40 62.66 72.26 50.53 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ 12 กับ 24 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยความสูงของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นสูงสุดใน ระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน 48 ชั่วโมง คือ 91.20 เซนติเมตร รองลงมาคือที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ คือ 79.20 เซนติเมตร (3 ชั่วโมง) สำหรับชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นต่ำสุด คือ 51.00 เซนติเมตร

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยความสูง (ซม.) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน

	Concentration (mM)				
Time (hr)	0	2.5	5.0	7.5	เฉลี่ย
0	51f	-	-	-	51D
3	-	72.4c	79.20b	71.20c	74.26A
6	-	72.47c	72.20c	63.60d	69.40BC
12	-	70.00c	57.80e	60.20e	62.66C
24	-	76.80b	69.40c	70.60c	72.26B
48	-	91.20a	60.40e	0*	50.53D
เฉลี่ย	51D	76.56A	67.80B	53.12C	

หมายเหตุ *ปาล์มน้ำมันตายตั้งแต่ระยะต้นกล้า

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวตั้งขวาสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวนอนแถวล่างสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในตารางเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

2.2.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 23) พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ โดยสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 44.36 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสารโคลชิซินที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ย 42.44 และ 31.56 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นปาล์มน้ำมันที่ระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน ทั้ง 5 ระดับ พบว่า แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าเมื่อ

เปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง โดยสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 43.40 เซนติเมตร ในขณะที่ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 42.73 39.06 43.18 28.93 เซนติเมตร ซึ่งในระยะเวลา 6 และ 24 ชั่วโมง ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเทียบกับระยะเวลา 3 ชั่วโมง และ เมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ย เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงสุดที่สุด คือ 48.20 เซนติเมตร (3 ชั่วโมง) รองลงมา คือ 47.80 เซนติเมตร (48 ชั่วโมง) สำหรับชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ต่ำสุด คือ 38 เซนติเมตร

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน

	Concentration (mM)				
Time (hr)	0	2.5	5.0	7.5	เฉลี่ย
0	38g	-	-	-	38C
3	-	48.20a	42.20cd	39.80efg	43.40A
6	-	39.40g	47.00a	41.80cd	42.73A
12	-	42.00cd	40.40def	34.80h	39.06C
24	-	44.40b	43.60bc	41.40de	43.13A
48	-	47.80a	39.00fg	0	28.93D
เฉลี่ย	38C	46.04A	42.44B	31.56D	

หมายเหตุ *ปาล์มน้ำมันตายตั้งแต่ระยะต้นกล้า

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวตั้งขวาสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวนอนแถวล่างสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในตารางเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

2.2.3 ความยาวทางใบ

เมื่อพิจารณาความยาวทางใบของต้นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 24) พบว่า ความยาวทางใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความยาวทางใบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ โดยสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีความยาวทางใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 54.80 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ย 51.21 และ 40.84 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับความยาวทางใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน ทั้ง 5 ระดับ พบว่า แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความยาวทางใบของต้นปาล์มน้ำมัน ที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยความยาวทางใบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมงโดยสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีความยาวทางใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 53.25 เซนติเมตร ในขณะที่ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 52.42 49.67 52.59 34.47 เซนติเมตร ซึ่งในระยะเวลา 6 และ 24 ชั่วโมง ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับระยะเวลา 3 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยความยาวทางใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความยาวทางใบสูงที่สุดคือ 59.08 เซนติเมตร ได้รับสารโคลชิซิน ระยะเวลา (48 ชั่วโมง) รองลงมา คือ 54.56 เซนติเมตร (ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ และระยะเวลาในการแช่สาร 6 ชั่วโมง) สำหรับชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยความยาวทางใบ ในระดับต่ำ คือ 38 เซนติเมตร

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยความยาวทางใบ (ซม.) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน

	Concentration (mM)				
Time (hr)	0	2.5	5.0	7.5	เฉลี่ย
0	46.10h	-	-	-	46.10C
3	-	52.85bc	54.56bc	52.34de	53.25A
6	-	52.01bc	55.54b	49.73f	52.42A
12	-	49.60f	50.04f	49.36f	49.67B
24	-	53.40cd	51.60e	52.76de	52.59A
48	-	59.08a	44.33h	0	34.47D
เฉลี่ย	46.10C	54.80A	51.21B	40.84D	

หมายเหตุ *ปาล์มน้ำมันตายตั้งแต่ระยะต้นกล้า

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวตั้งขวาสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวนอนแถวล่างสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในตารางเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

2.2.4 พื้นที่ใบ

เมื่อพิจารณาพื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 25) พบว่า พื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมัน ที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซินที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ โดยสารโคลชิซินที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุด คือ 42.76 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสารโคลชิซินที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ย 40.97 และ 32.38 ตารางเมตร ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน ทั้ง 5 ระดับ พบว่า แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย

พื้นที่ใบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ สารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง โดยสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 42.66 ตารางเมตร ในขณะที่ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 41.67 39.50 42.90 27.50 ตารางเมตร และเมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบสูงสุดที่สุด คือ 47.29 ตารางเมตร ได้รับสารโคลชิซิน ระยะเวลา 48 ชั่วโมง รองลงมา คือ 44.11 ตารางเมตร (ได้รับสารโคลชิซินที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ และระยะเวลาในการแช่สาร 6 ชั่วโมง) และพื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบต่ำที่สุด คือ 35.47 ตารางเมตร (48 ชั่วโมง) สำหรับชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบในระดับต่ำคือ 36.60 ตารางเมตร

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ ($ม^2$) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน

	Concentration (mM)				
Time (hr)	0	2.5	5.0	7.5	เฉลี่ย
0	36.60g	-	-	-	36.60CD
3	-	42.79c	43.76bc	41.43d	42.66A
6	-	40.73ef	44.11b	40.17ef	41.67B
12	-	39.57fg	40.14ef	38.80g	39.50C
24	-	43.41bc	41.37d	41.50d	42.09B
48	-	47.29a	35.47h	0*	27.59D
เฉลี่ย	36.60C	42.76A	40.97B	32.38D	

หมายเหตุ *ปาล์มน้ำมันตายตั้งแต่ระยะต้นกล้า

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวตั้งขวาสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวนอนแถวล่างสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในตารางเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

2.2.5 น้ำหนักแห้งทางใบ

เมื่อพิจารณาพื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา ที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 26) พบว่า พื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งทางใบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ โดยสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีน้ำหนักแห้งทางใบ เฉลี่ยสูงสุดคือ 44.07 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ย 40.97 และ 32.38 ตารางเมตร ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักแห้งทางใบ ของต้นปาล์มน้ำมัน ที่ระยะเวลาในการแช่สารสารโคลชิซิน ทั้ง 5 ระดับ พบว่า แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง น้ำหนักแห้งทางใบ ของต้นปาล์มน้ำมัน ที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง โดยสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีน้ำหนักแห้งทางใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 42.66 ตารางเมตร ในขณะที่ ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา ที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 41.67 39.50 42.90 27.50 ตารางเมตร และเมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งทางใบ สูงสุดที่สุด คือ 47.29 ตารางเมตร ได้รับสารโคลชิซิน ระยะเวลา 48 ชั่วโมง รองลงมา คือ 41.67 ตารางเมตร (ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ และระยะเวลาในการแช่สาร 6 ชั่วโมง) และพื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบต่ำที่สุด คือ 35.47 ตารางเมตร (48 ชั่วโมง) สำหรับชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งทางใบ ในระดับต่ำ คือ 36.60 ตารางเมตร

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งทางใบ (กก./ต้น/ปี) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน

	Concentration (mM)				
Time (hr)	0	2.5	5.0	7.5	เฉลี่ย
0	36.60g	-	-	-	36.60C
3	-	42.79c	43.75bc	41.43d	42.66A
6	-	40.75de	44.09b	40.17ef	41.67B
12	-	39.57fg	40.14ef	38.79g	39.50C
24	-	43.44bc	41.38d	41.49d	42.11B
48	-	47.28de	35.49h	0	27.59D
เฉลี่ย	36.60BC	42.77A	40.97B	32.38C	

หมายเหตุ *ปาล์มน้ำมันตายตั้งแต่ระยะต้นกล้า

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวตั้งขวาสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวนอนแถวล่างสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในตารางเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

2.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะเซลล์คุม

2.3.1 ความกว้างเซลล์คุม

เมื่อพิจารณาความกว้างเซลล์คุม ของต้นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา ที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 27) พบว่า ความกว้างเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมัน ที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความกว้างเซลล์คุมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ โดยสารโคลชิซินที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีความกว้างเซลล์คุมเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.29 ไมโครเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ย 0.25 และ 0.18 ไมโครเมตร ตามลำดับ สำหรับความกว้างเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันที่ระยะเวลาในการแช่

สารโคลชิซิน ทั้ง 5 ระดับ พบว่า แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความกว้างเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยความกว้างเซลล์คุมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง โดยสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีความกว้างเซลล์คุม เฉลี่ยสูงสุดคือ 0.34 ไมโครเมตร ในขณะที่ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 0.22 0.20 0.20 0.24 ไมโครเมตร และเมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยความกว้างเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความกว้างเซลล์คุมสูงสุดที่สุด คือ 0.36 ไมโครเมตร (3 ชั่วโมง) รองลงมา คือ 0.33 ไมโครเมตร (ได้รับสารโคลชิซินที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ และระยะเวลาในการแช่สาร 3 ชั่วโมง) และความกว้างเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความกว้างเซลล์คุมต่ำที่สุด คือ 0.14 ไมโครเมตร (ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ และระยะเวลาในการแช่สาร 12 ชั่วโมง) สำหรับชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยความกว้างเซลล์คุม ในระดับต่ำคือ 0.15 ไมโครเมตร

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยความกว้างเซลล์คุม (ไมโครเมตร) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน

	Concentration (mM)				
Time (hr)	0	2.5	5.0	7.5	เฉลี่ย
0	0.15g	-	-	-	0.15D
3	-	0.33c	0.30de	0.40a	0.34A
6	-	0.34c	0.16fg	0.15g	0.22BC
12	-	0.27c	0.14g	0.19f	0.20C
24	-	0.15g	0.29e	0.16fg	0.20C
48	-	0.36bc	0.36bc	0	0.24B
เฉลี่ย	0.15D	0.29A	0.25B	0.18C	

หมายเหตุ *ปาล์มน้ำมันตายตั้งแต่ระยะต้นกล้า

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวตั้งขวาสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวนอนแถวล่างสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในตารางเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

2.3.2 ความยาวเซลล์คุม

เมื่อพิจารณาความยาวเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 28) พบว่า ความยาวเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความยาวเซลล์คุม มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ โดยสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีความยาวเซลล์คุม เฉลี่ยสูงสุดคือ 1.09 ไมโครเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ย 0.97 และ 0.78 ไมโครเมตร ตามลำดับ สำหรับความยาวเซลล์คุม ของต้นปาล์มน้ำมัน ที่ระยะเวลาในการแช่สารสารโคลชิซิน ทั้ง 5 ระดับ พบว่า แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความยาวเซลล์คุมของ

ต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยความยาวเซลล์คุม มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง โดยสารโคลชิซินที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีความยาวเซลล์คุม เฉลี่ยสูงสุดคือ 1.16 ไมโครเมตร ในขณะที่ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 42.66 39.50 42.90 27.50 ไมโครเมตร และเมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยความยาวเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความยาวเซลล์คุม สูงที่สุด คือ 1.28 ไมโครเมตร ได้รับสารโคลชิซิน 2 ระยะเวลา (3 และ 48 ชั่วโมง) รองลงมา คือ 1.19 ไมโครเมตร (ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ และระยะเวลาในการแช่สาร 3 ชั่วโมง)และความยาวเซลล์คุม ของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความยาวเซลล์คุม ต่ำที่สุด คือ 0.73 ไมโครเมตร (6 ชั่วโมง) สำหรับชุดควบคุม มีค่าเฉลี่ยความยาวเซลล์คุม ในระดับต่ำ คือ 0.88 ไมโครเมตร

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยความยาวเซลล์คุม (ไมโครเมตร) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน

	Concentration (mM)				
Time (hr)	0	2.5	5.0	7.5	เฉลี่ย
0	0.88def	-	-	-	0.88B
3	-	1.17b	1.04c	1.28a	1.16A
6	-	1.2b	0.73h	0.78gh	0.90B
12	-	0.97cd	0.86efg	1.04c	0.96B
24	-	0.93de	1.03c	0.83fgh	0.93B
48	-	1.19b	1.17b	0	0.79C
เฉลี่ย	0.88B	1.09A	0.97B	0.78C	

หมายเหตุ *ปาล์มน้ำมันตายตั้งแต่ระยะต้นกล้า

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวตั้งขวาสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวนอนแถวล่างสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในตารางเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

2.3.4 ความหนาแน่นเซลล์คุม

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับต่างกัน (ตารางที่ 29) พบว่า ความหนาแน่นเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเซลล์คุมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ โดยสารโคลชิซินที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ มีความยาวเซลล์คุม เฉลี่ยสูงสุดคือ 12.06 เซลล์คุม/มม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 และ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ย 10.27 และ 11.86 เซลล์คุม/มม. ตามลำดับ สำหรับความหนาแน่นเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมัน ที่ระยะเวลาในการแช่สารโคลชิซิน ทั้ง 5 ระดับ พบว่า แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ความหนาแน่นเซลล์คุมของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเซลล์คุม

มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 6 12 และ 48 ชั่วโมง โดยสารโคลชิซินที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีความหนาแน่นเซลล์คุม เฉลี่ยสูงสุดคือ 16.05 เซลล์คุม/มม. ในขณะที่ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระยะเวลา 3 6 12 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย 11.02 11.3 14.44 4.16 เซลล์คุม/มม. และเมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่ สารโคลชิซิน พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยความหนาแน่เซลล์คุม ของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 7.5 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเซลล์คุม สูงสุดที่สุด คือ 27.03 เซลล์คุม/มม. (24 ชั่วโมง) รองลงมาคือ 24.46 เซลล์คุม/มม. (ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์และระยะเวลาในการแช่สาร 6 ชั่วโมง) และความหนาแน่นเซลล์คุม ของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับสารโคลชิซิน ที่ระดับ 5.0 มิลลิโมลาร์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเซลล์คุม ต่ำที่สุด คือ 4.16 เซลล์คุม/มม. (48 ชั่วโมง) สำหรับชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเซลล์คุมในระดับสูงที่สุด คือ 13.30 เซลล์คุม/มม.

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเซลล์คุม (เซลล์คุม/มม.) ของต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน 3 ระดับต่างกัน

	Concentration (mM)				
Time (hr)	0	2.5	5.0	7.5	เฉลี่ย
0	13.30de	-	-	-	13.30A
3	-	13.93cd	10.46f	8.66g	11.02B
6	-	12.80e	7.90g	13.20de	11.3B
12	-	10.47f	22.46b	10.40f	14.44A
24	-	14.76c	6.36h	27.03a	16.05A
48	-	8.33g	4.16i	0	4.16C
เฉลี่ย	13.30A	12.06A	10.27A	11.86A	

หมายเหตุ *ปาล์มน้ำมันตายตั้งแต่ระยะต้นกล้า

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวตั้งขวาสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในแนวนอนแถวล่างสุดเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรร่วมกันในตารางเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วย DMRT

2.3.5 ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและลักษณะเซลล์คุมในปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน (ตารางที่ 30)

ความสูงต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะขนาดโคนต้น ความยาวทางใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งทางใบ ความกว้างเซลล์คุม และ ความยาวเซลล์คุม มีค่า 0.64 0.57 0.67 0.47 0.34 และ 0.30 ตามลำดับ

ขนาดโคนต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับลักษณะ ความยาวทางใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งทางใบ มีค่า 0.54 0.61 และ 0.36 ตามลำดับ

ความยาวทางใบมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งทางใบ มีค่า 0.73 และ 0.63 ตามลำดับ

พื้นที่ใบ มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะน้ำหนักแห้งทางใบ ความกว้างของเซลล์คุมและความยาวเซลล์คุม มีค่า 0.63 0.20 และ 0.16 ตามลำดับ

น้ำหนักแห้งทางใบมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะความกว้างเซลล์คุมมีค่า 0.21 ความกว้างเซลล์คุมมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะความยาวเซลล์คุม มีค่า 0.76

ความหนาแน่นเซลล์คุมมีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะ ขนาดโคนต้น ความกว้างเซลล์คุม และ ความยาวเซลล์คุม มีค่า - 0.13 -0.31 และ -0.15 ตามลำดับ

ตารางที่ 30 ค่าดัชนีสหสัมพันธ์ของลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันที่ผ่านการแช่สารโคลชิซิน

Character	Height (cm)	Trunk size (cm)	Leaf length (cm)	Leaf area (m^2)	leaf dry weight (kg)	stomata width (μm)	Stomata length (μm)	Stomata density (no./mm^2)
Trunk size (cm)	0.64**	-						
Leaf length (cm)	0.57**	0.54**	-					
Leaf area (m2)	0.67**	0.61**	0.73**	-				
leaf dry weight (kg)	0.47*	0.36*	0.62**	0.63**	-			
stomata width (μm)	0.34*	0.02 ns	0.03 ns	0.20*	0.21*	-		
Stomata length (μm)	0.30*	-0.01 ns	-0.01 ns	0.16*	0.09	0.76**	-	
Stomatadensity (no./mm^2)	0.03 ns	-0.13*	0.12*	0.05 ns	-0.07 ns	-0.31**	-0.15*	-

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.05$

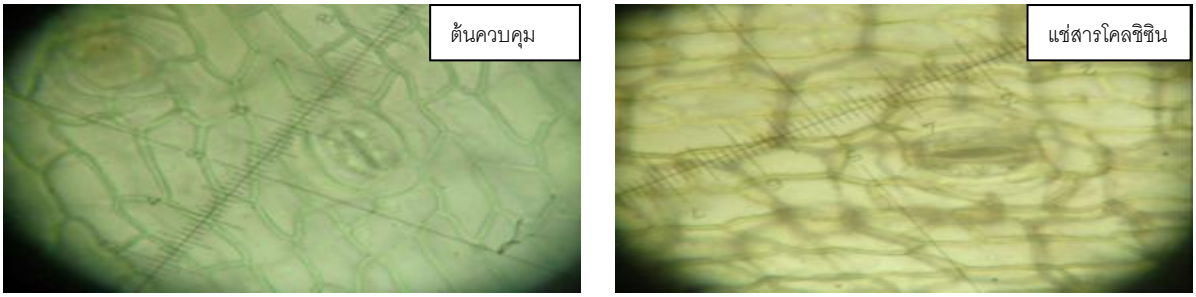
** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับ $P < 0.01$

ขนาดความกว้าง และยาวของเซลล์คุมเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อลักษณะการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สิทธิพงษ์และ ธีระ (2553) รายงานว่า หากมีการเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมเกิดขึ้นขนาดความกว้าง และยาวเซลล์คุมจะเพิ่มขึ้น แต่จะมีจำนวนเซลล์เซลล์คุมต่อพื้นที่ลดลง ส่วนขนาดความกว้างของเซลล์คุมนั้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกต่อขนาดความยาวของเซลล์คุม แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับความหนาแน่นของเซลล์คุม

6.5 ผลของสารโคลชิซินต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเซลล์คุมปาล์มน้ำมัน

ผลของสารโคลชิซิน ทำให้ขนาดของเซลล์คุมเพิ่มขึ้นทั้งความกว้างและความยาว (ภาพที่ 5) สอดคล้องกับ สิทธิพงษ์และธีระ (2553) รายงานว่า ภายหลังการจุ่มแช่เมล็ดงอกด้วยโคลชิซิน ที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่าง ๆ ส่งผลทำให้ความกว้าง ความยาว ความหนาแน่นเซลล์คุม และจำนวนเม็ดคลอโรพลาสต์ในเซลล์คุมของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม ลักษณะเหล่านี้มีความแปรปรวนในแต่ละ

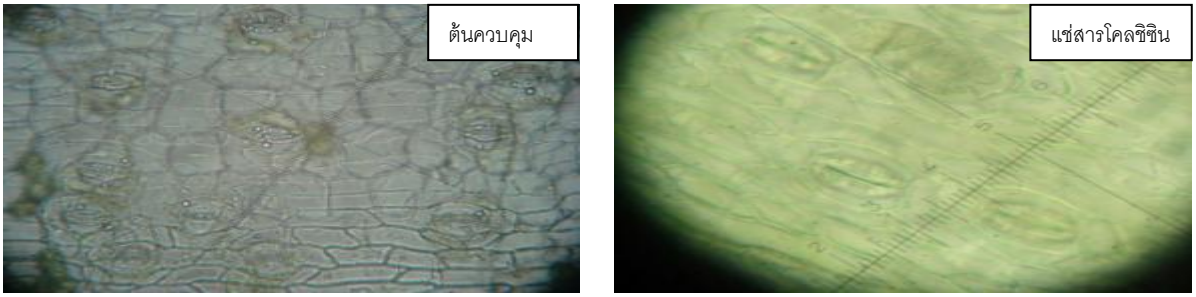
ทรีทเมนต์สูง และไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น และระยะเวลาในการจุ่มแช่สาร มีเพียงลักษณะความยาวของเซลล์คุมเท่านั้นที่พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้น และระยะเวลาสูงขึ้น มีแนวโน้มให้เซลล์คุมมีความยาวมากขึ้นตามไปด้วย (Sari *et al*, 1999 : วิชุตา, 2557) กล่าวว่า ขนาดเฉลี่ยของเซลล์คุม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นและระยะเวลาการจุ่มแช่ที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4 ผลของสารโคลชิซินต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเซลล์คุมปาล์มน้ำมัน

6.6 **ผลของสารโคลชิซินต่อความหนาแน่นของเซลล์คุมปาล์มน้ำมัน**

ผลของสารโคลชิซินทำให้ความหนาแน่นของเซลล์คุมเมื่อเทียบกับตัวควบคุม (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 5 ผลของสารโคลชิซินต่อลักษณะความหนาแน่นของเซลล์คุมปาล์มน้ำมัน

ขนาด และความหนาแน่นของเซลล์คุมเป็นตัวบ่งบอกถึงระดับโครโมโซมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยในต้นที่มีระดับโครโมโซมเพิ่มขึ้น มักมีขนาดเซลล์คุมใหญ่กว่าต้นดิพพลอยด์ปกติ และมีความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่น้อยกว่า (Thao *et al.,* 2003; Gu *et al.,* 2005 ; Chen and Gao, 2007) สำหรับรากปาล์มน้ำมันที่ผ่านการทดสอบปลายรากพบว่า ต้นดิพพลอยด์ มีจำนวนโครโมโซม *2n = 2x = 32* ต้นเทตทราพลอยด์ (tetraploid) *2n = 4x = 64* (สิทธิพงษ์ และ ธีระ, 2553)

บทที่ 4

สรุป

การศึกษาที่ 1. การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและพันธุกรรมในปาล์มน้ำมันโดยรังสีแกมมา

1.1 ค่า LD_{50} ที่เหมาะสมแก่การรอดชีวิตของเมล็ดงอกปาล์มน้ำมันคือ 1.04 Krad

1.2 การฉายรังสีแกมมากับเมล็ดงอกปาล์มน้ำมัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อลักษณะสัณฐานวิทยา ที่ระดับความเข้มข้นที่ตอบสนองลักษณะสัณฐานวิทยา ได้แก่ 1 และ 2 Krad ส่วนระดับความเข้มข้น 3 4 และ 5 Krad ต้นกล้าไม่สามารถรอดชีวิต

1.3 การฉายรังสีแกมมากับเมล็ดงอกปาล์มน้ำมัน ที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 Krad มีการตอบสนองต่อลักษณะการเจริญเติบโตต่ำกว่าต้นที่ไม่ได้รับการฉายรังสีแกมมา ได้แก่ ลักษณะจำนวนใบรูปหอก จำนวนใบรูปสองแฉก จำนวนใบรูปขนนก ความสูงต้น ขนาดโคนต้น ความยาวใบ พื้นที่ใบ

1.4 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นในกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่อายุ 6 เดือน พบว่า ลักษณะที่มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ลักษณะ ความสูงต้น ขนาดโคนต้น ความยาวใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งทางใบ และ ลักษณะมีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้แก่ระดับความเข้มข้นรังสีแกมมา

การทดลองที่ 2. ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 3 ปี ที่ผ่านการแช่สารโคลชิซินตั้งแต่เป็นเมล็ดงอก

2.1 การแช่สารโคลชิซินกับต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา มีผลทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการตอบสนองต่อลักษณะสัณฐานวิทยา สำหรับระดับความเข้มข้นและระยะเวลา ในการแช่สาร ที่ตอบสนองลักษณะสัณฐานวิทยา ได้แก่ความเข้มข้นของสารโคลชิซินที่ระดับ 2.5 มิลลิโมลาร์ ที่ระยะเวลาในการแช่สาร 48 ชั่วโมง

2.2 การแช่สารโคลชิซินกับต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา มีผลทำให้ต้นกล้าปาล์มตายทั้งหมด สำหรับระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่สาร ได้แก่ความเข้มข้นของสารโคลชิซินที่ระดับ 7.5 มิลลิโมลาร์ ที่ระยะเวลาในการแช่สาร 48 ชั่วโมง

2.3 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นในกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา พบว่า ลักษณะมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ลักษณะ ความสูงต้น ขนาดโคนต้น ความยาวใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งทางใบ ความกว้างเซลล์คุม และความยาวเซลล์คุม แต่ลักษณะที่มีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ความหนาแน่นของเซลล์คุม

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2554. การผลิตเมล็ดและการเพาะเมล็ดปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา. ในโครงการเร่งรัดการผลิตเมล็ดพันธุ์และต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา (D x P). กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์.

จรัสศรี นวลศรี. 2548. เอกสารคำสอน วิชาการปรับปรุงพันธุ์พืชสวน. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชูจิต มามีวัฒนะ วัชรี บุญช่วย และชาย โพธิวิส. 2536. ศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมันเทเนอราที่ได้รับปุ๋ยอัตราและระยะเวลาต่างกัน. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

ธีรภาพ แก้วประดับ. 2552. อัตราพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตในปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีระ ศรีสวัสดิ์, คำนูณ กาญจนภูมิ, โกวิท พัฒนาปัญญาสัตย์, สุรกิต ศรีสกุล และ วราวุธ ชูธรรมทัช. 2548. การวิเคราะห์ปาล์มน้ำมันโดยใช้โฟลไซโตรเมทรี : การจำแนกเบื้องต้นสำหรับสายพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงของจีโนมดีเอ็นเอ. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 27 : 645-652.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2525. การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของถั่วเขียวโดยใช้รังสีแกมมา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2548. ภาพรวมอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน. ใน เส้นทางสู่การผลิตปาล์มน้ำมัน (ชื่อบรรณาธิการ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์). หน้า 24. สงขลา: นีโอพอยท์.

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

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์.2554. อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะเชิงปริมาณ ใน การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน หน้า 259 - 308. สงขลา : ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. พันธุ์ การผลิตเมล็ดพันธุ์ และการอนุบาลต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. *ใน* เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน หน้า 25 - 49. สงขลา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และ ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2556. คู่มือปาล์มน้ำมัน. สงขลา : ห้างหุ้นส่วนสามัญ หาดใหญ่ ดิจิตอล พริ้นท์.

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

บุญหงษ์ จงคิด. 2548. หลักและเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ประภัสษร เพชรโพธิ์. 2550. องค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตในปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). สงขลา : วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2552. พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2527. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. สงขลา : ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2539. พันธุศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

วิชชุตา รุ่งเรือง. 2551. ผลของโคลชิซินและรังสีแกมมาที่มีต่อการกลายพันธุ์ของหน้าวัว Double Spathe ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ.วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วัชรินทร์ ซุ้นสุวรรณ. 2545. วิธีการวิจัยทางเกษตร. สงขลา : ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วศะพงศ์ เอกสมทราเมษฐ์ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2553. อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา. ว. เกษตร 26 : 231 – 239.

สิทธิพงษ์ พรมมา และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2553. การชักนำพอลีพลอยด์และลักษณะสัณฐานของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. ว. เกษตรพระจอมเกล้า. 28 : 29 - 35.

สิรนุช ลามศรีจันทร์. 2540. การกลายพันธุ์ของพืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิรนุช ลามศรีจันทร์. 2554. การคัดเลือกพืชพันธุ์กลายและการใช้ประโยชน์จากพันธุ์กลาย : ความสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์โดยการใช้เทคนิคการกลายพันธุ์. รายงาน การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การใช้เทคนิคการกลายพันธุ์เพื่อสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมและการปรับปรุงพันธุ์พืช รุ่นที่ 5 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 19 – 21 ตุลาคม 2554 หน้า 75 – 85.

สุรเชษฐ มาฆทาน. 2550. การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในถั่วฝักยาว (Vigna unguiculata var. sesquipedalis) พันธุ์คัด – มอ. โดยการใช้รังสีแกมมา : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิต. 2546ก.พืชกลายพันธุ์ในประเทศไทย.กรุงเทพฯ : ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและนิวเคลียร์เทคโนโลยี สถานบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

อรุณี วงศ์ปิยะสถิต. 2546ข.พืชกลายพันธุ์ในประเทศไทย (Induced – Mutation Plant in Thailand). เข้าถึงได้จาก : http:// www.rdi.ac.th หรือ http://www.apprad.sci.ku.ac.th. เข้าถึงวันที่ 15 กันยายน 2554.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิต. 2550. การกลายพันธุ์: เพื่อการปรับปรุงพันธุ์.กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

อังคณา โชติวัฒนศักดิ์. 2551. ลักษณะทางการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 และการประยุกต์ใช้เครื่องหมายโมเลกุลไมโครแซทเทลไลท์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของปาล์ม น้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อังคณา โชติวัฒนศักดิ์. 2552. สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.).วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40 : 25-34.

Beirneart, A. and Vanderweyen, R. 1941. Contribution à l'étude genetique et biometrique des variétés d'Elaeis Guineensis Jacquin. Publ.Inst. Nat. Etude Agron. Congo Belge, Ser. Sci. 27 : 1 -101.

Chaudhuri, S. K. 2002, A simple and reliable method to detect gamma irradiated lentil (*Lens culinaris* Medik.) .J. Radiation Physics and Chemistry 64 : 131 – 136.

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

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

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

Corley, R.H.V. and Tinker, P.B. 2003. The Oil Palm. 4th ed. Miami : Blackwell.

Folconer, D.S. 1981. Introduction to Quantitative Genetics. London : Longman.

Ewald, D., Ulrich, K., Naujoks, G. and Schröder, M.B. 2009. Induction of tetraploid poplar and black locust plants using colchicine: chloroplast number as an early marker for selecting polyploids *in vitro*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 99 : 353 - 357.

Germer, J. and Sauerborn, J. 2004. Solar radiation below the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) canopy and its impact on the undergrowth species composition. The Planter 80 :13 – 27.

FAO/IAEA. 1979. Mutation breeding methodology. FAO/IAEA Programmed in the Use of Induced Mutation for the Improvement of Grain Legumes Production in South East Asia, 28 May – 1 June, 1979. Kuala Lumpur , Malaysia.

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

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

Hardon, J.J., Corley, R.H.V. and Ooi, S.C. 1971. Analysis of growth the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). II. Estimation of genetic variances of growth parameter and yield of fruit bunches. Euphytica 21 : 257 – 264.

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

Henson, I.E. 1993. Assessing frond dry matter production and leaf area development in young oil plam. *In* Proc. 1991 Porim Int. Palm Oil Conference – Agriculture. (ed. Y. Basiron). pp. 473 – 478. Kuala Lumpur : Malaysian Palm Oil Board.

IAEA. 1977. Manual on Mutation Breeding. Technical Reports Series No.119. 2nd ed. Vienna : IAEA.

Isawandar,H.E.,Dunwell,J.M.,Foster,B.P.,Nelson,P.C.,Galigari,P.D.S. 2010. Doubled haploid remates via embryogenesis of haploid tissue culture:In Proceeding on Advances in Oil Palm Tissue Culture.Indonesia.

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

Kushairi, A. and Rajanaidu, N. 2000. Breeding populations, seed production and nursery management. *In* Advances in Oil Palm Research (eds. B. Yusof, B.S. Jalani and W.C. Kook) Vol. 1, pp. 39-96. Kuala Lumpur: Malaysian Palm Oil Board.

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

Madon, M., Phoon, L.Q., Clyde, M.M. and Mohd, D.A. 2008. Application of flow cytometry for estimation of nuclear DNA content in *Elaeis.* J. Oil Palm Research 20 : 447-452.

Maluszynski, M., Szarejko I., Barriga P. and Balcerzyk A. 2001. Heterosis in crop mutation crosses and production of high yielding lines using doubled haploid systems. Euphytica 120 : 387 – 398.

Mora, S., Chinchilla, C., Sanchez, A. and Escobar, R. 2007. Germinated oil palm (*Elaeis guineensis*) seeds:process innovations to improve seed quality and performance of nursery plants. The Planter 83 : 435-448.

Obisesan, I.O. and Fatunla, T. 1982. Heritability of fresh fruit bunch yield and its components in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Theoretical and Applied Genetics 100 : 63-70.

Petersen, K. K., Hagberg,P.and Kristiansek,K. 2003. Colchicine and oryzalin mediated chromosome doubling in difference genotype of *Miscanthus sinensis*.Plant cell, tissue and organ culture 73: 137 - 146.

Pinheiro, A. A., Pozzobon, M. T. and Carneiro, V. T. C. 2000. Duplication of the chromosome number of diploid *Brachiaria brizantha* plants using colchicine. Plant Cell Rep. 19 : 274 – 278.

Rival, A., Beule, T., Barre, P., Hamon, S., Duval, Y. and Noirot, M. 1997. Comparative flow cytometric estimation of nuclear DNA content in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) tissue cultures and seed-derived plants. Plant Cell Rep. 16 : 884-887.

Sari.,N.,K.,Abak and Pitrat M. 1999. Comparision of Ploidy level screening methods in watermelon : *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai. Scientia Horticulturae 82 : 265 – 277.

Smith, G. B.1993. Correlation between vegetative and yield characteristics and photosynthetic rate and stomatal conductance in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Elaeis 5: 12 - 26.

Tan, Y.P. and Mohan, E. 1981. Optimum depth of sowing and transplanting in the oil palm nursery. *In* The Oil Palm in Agriculture in the Eighties (eds. E. Pushparajah and P.S. Chew) Vol.1, pp. 415-424. Kuala Lumpur : Incorporated Society of Planters.

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

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

Zhang, Q., Luo, F., Liu, L. and Guo, F. 2009. *In vitro* induction of tetraploids in crape myrtle (*Lagerstroemia indica L.*). Plant Cell, Tissue and Organ Culture 101 : 41-47.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวสุนัตดา แดงหยั้ง

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5410620023

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2550

ทุนการศึกษา

สถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์ สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนอุดหนุนวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

สุนัตดา แดงหยั้ง และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2557. ผลของโคลชิซินต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาในปาล์มน้ำมัน.พืชศาสตร์สงขลานครินทร์.*ปีที่ 1 ฉบับที่ 4 (ตุลาคม-ธันวาคม): , 2557*