# การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเติบโตต่างๆของปาล์มน้ำมัน

นางสาวฉัตริญาภา ชื่นจิตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

# CARBON DIOXIDE CAPTURED IN DIFFERENCE STAND AGES OF OIL PALM

Miss Chattiyapa Chuenjit

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะการเติบโตต่างๆของปาล์มน้ำมัน |
| โดย | นางสาวฉัตริญาภา ชื่นจิตร |
| สาขาวิชา | วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม | อาจารย์ เกริกชัย ธนรักษ์ |

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ เกริกชัย ธนรักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร พ่วงปาน)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Environmental Science Student's Signature .....

Academic Year: 2013 Advisor's Signature .....

Co-Advisor's Signature .....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “โครงการการจัดการของทิ้ง (waste) จากอุตสาหกรรมการเกษตร เพื่อการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การเกษตร (CC720A)” ซึ่งเป็นโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ เป็นหัวหน้าโครงการ และได้ทุนอุดหนุนบางส่วนจากสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้คำปรึกษา ให้ความเมตตาสั่งสอน และให้ความรู้ต่างๆ รวมทั้งชี้แนะแนวคิดอันเป็นประโยชน์ และอาจารย์เกริกชัย ธนรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำความรู้ในการปฏิบัติงาน และข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน อีกทั้งขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร พ่วงปาน และอาจารย์ วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นที่มีค่า ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คุณวิชาญ หนูแดง คุณอารีรักษ์ ทรัพย์มี และเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมี ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชไร่และพลังงานทดแทน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล และเอื้อเฟื้อคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชไร่และพลังงานทดแทน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้ห้องปฏิบัติการเคมีในการวิเคราะห์ผล และเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณธิรดา ยืนยง ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม พร้อมทั้งลงไปดูแล และให้คำแนะนำการใช้อุปกรณ์ในภาคสนามที่ถูกต้อง และหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ให้คำปรึกษา และเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลภาคสนามมาโดยตลอดการทำวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำจากบุคคลหลายท่าน แม้นผู้เขียนมิได้เอ่ยนาม แต่ก็ขอขอบคุณยิ่งไว้ ณ ที่นี้ สุดท้ายขอขอบคุณ คุณพ่อเดชา คุณแม่ชมัยภรณ์ และคุณอาวิเชียร ชื่นจิตร ที่ได้ให้ความสนับสนุน และให้กำลังใจอยู่เคียงข้างเสมอมา คุณอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดที่กล่าวมาและประเทศชาติอันเป็นแผ่นดินเกิดของผู้เขียน

**สารบัญ**

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 3

บทที่ 2 ..... 4

2.1 ปาล์มน้ำมัน ..... 4

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ..... 4

2.1.2 การเติบโตของปาล์มน้ำมัน ..... 6

2.2 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ..... 14

2.2.1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ..... 14

2.2.2 มวลชีวภาพ ..... 17

2.3 การกักเก็บคาร์บอนของพืช ..... 19

2.3.1 แหล่งสะสมคาร์บอนของพืช ..... 20

2.3.2 การประเมินปริมาณคาร์บอนในพืช ..... 22

2.3.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอนในพืช ..... 22

2.3.4 การกักเก็บคาร์บอนในปาล์มน้ำมัน ..... 22

บทที่ 3 ..... 25

3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย ..... 25

3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย ..... 25

3.2.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย ..... 25

3.2.2 สำรวจพื้นที่สวนปาล์ม ..... 25

3.2.3 กำหนดพื้นที่และต้นปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการตรวจวัด ..... 25

3.2.4 เตรียมวัสดุอุปกรณ์ ..... 26

3.2.5 เก็บข้อมูลภาคสนาม ..... 26


CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.2.6 การศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ ..... 28
3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ..... 30
บทที่ 4 ..... 31
4.1 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ..... 31
4.2 การกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมัน ..... 35
4.2.1 การเติบโตของปาล์มน้ำมัน ..... 35
4.2.2 มวลชีวภาพของใบปาล์มน้ำมัน ..... 42
4.2.3 ปริมาณอินทรียคาร์บอนในใบปาล์มน้ำมัน ..... 44
4.2.4 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมัน ..... 45
4.3 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลาที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า (25 ปี) ..... 46
บทที่ 5 ..... 51
5.1 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ..... 51
5.2 การกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมัน ..... 51
5.3 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลาที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า (25 ปี) ..... 52
รายการอ้างอิง ..... 53
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ ..... 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มี กลิ่น ไม่ช่วยในการเผาไหม้ มีน้ำหนักมากกว่าอากาศประมาณ 1.5 เท่า ลอยตัวอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก ประกอบด้วยคาร์บอน 1 อะตอม และออกซิเจน 2 อะตอม ซึ่งเกิดจากการสันดาป เผาไหม้เชื้อเพลิงทุกชนิด รวมถึงการหายใจของสิ่งมีชีวิตด้วย (Levin and Pershing, 2008) ปัจจุบันการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณมาก ทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสมในบรรยากาศของโลก โดยเป็นผลกระทบทางตรงต่ออุณหภูมิของผิวโลกและชั้นบรรยากาศ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) และการเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกอย่างรุนแรง ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาประเทศไทยมีแนวโน้มปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น จาก 1.6 ตันต่อคนต่อปี (พ.ศ. 2533) เป็น 4.3 ตันต่อคนต่อปี (พ.ศ. 2547) (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), 2007) และแม้ว่าจะลดปริมาณการปล่อยลงในช่วงระหว่าง พ.ศ. 2540-2541 แต่ก็เพิ่มขึ้นมาอีกนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2550 (Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), 2008) ทั้งนี้การสูญเสียคาร์บอนที่กักเก็บในมวลชีวภาพ (Biomass) ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 20 ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

ปัจจุบันการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต การพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต การใช้พลังงานสะอาด และการดักจับและกักเก็บคาร์บอน เป็นต้น (นาฏสุดา ภูมิจำนงค์, 2550) การดักจับและการกักเก็บคาร์บอนถือเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาไม่หลุดลอยขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศของโลก และการกักเก็บที่ดีที่สุด คือ การกักเก็บไว้ในต้นไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ที่มีอายุการใช้งานยาวนาน ซึ่งประมาณครึ่งหนึ่งของมวลชีวภาพของต้นไม้จะเป็นคาร์บอน โดยต้นไม้จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) นำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพที่พืชจะนำมาเก็บไว้ทั้งในส่วนเหนือพื้นดิน (ลำต้น กิ่ง ใบ) และใต้ดิน (ราก) ทำให้คาร์บอนถูกตรึงอยู่ในต้นไม้ จนกว่าจะมีการตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่ไป (สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2553) ต้นไม้ 1 ตัน จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1.81 ตัน และปล่อยก๊าซออกซิเจน 1.32 ตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ดังนั้น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นมากย่อมหมายถึงการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามาเป็นสารตั้งต้นมาก และเกิดการสะสมคาร์บอนมากตามไปด้วย

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ยืนต้น อายุยืนยาว (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548) ซึ่งพระยาประดิพัทธ์ภูบาลได้นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2473 จัดอยู่ในพืชตระกูลปาล์ม (Palmae หรือ Arecaceae) ตระกูลย่อยเดียวกับมะพร้าว สามารถให้ผลผลิตน้ำมันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ แต่มีต้นทุนการผลิตและราคาต่ำกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ให้ผลผลิตทะลายสดได้ตลอดทั้งปี และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานกว่า 25 ปี (พรชัย ไพบูลย์, 2550) จนกว่าจะตัดทิ้งและปลูกใหม่ ซึ่งการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้าไม่ควรมีความสูงเกิน 15 - 18 เมตร หรืออายุประมาณ 25 ปี (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548)

ปาล์มน้ำมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายทั้งในสินค้าอุปโภคและบริโภค ซึ่งคาดว่าปริมาณความต้องการน้ำมันปาล์มจะเพิ่มมากขึ้น เพราะราคาน้ำมันปาล์มในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยมีแหล่งผลิตใหญ่ ได้แก่ อินโดนีเซีย และมาเลเซีย ซึ่งมีพื้นที่ปลูกประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์ของโลก และแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันที่สำคัญในปัจจุบัน คือ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไนจีเรีย ไทย โคลัมเบีย และอินเดีย ซึ่งมีแหล่งปลูกใหม่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ พม่า และกัมพูชา (กรมวิชาการเกษตร, 2552a) รัฐบาลจึงได้กำหนดยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันระยะ 25 ปี (ปี 2547-2572) เพื่อมุ่งสู่การเป็นผู้ผลิตและส่งออกน้ำมันปาล์มระดับโลก รวมทั้งกำหนดนโยบายให้ปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนของประเทศ โดยตั้งเป้าขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั่วประเทศให้ได้ 10 ล้านไร่ภายในปี พ.ศ. 2572 ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันกว่า 4.3 ล้านไร่ จังหวัดที่ปลูกมากที่สุด คือ สุราษฎร์ธานี กระบี่ และชุมพร ตามลำดับ ซึ่งได้มีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอื่นๆ อีกด้วย เช่น พื้นที่นาร้าง พื้นที่ทิ้งร้าง พื้นที่ลุ่ม และพื้นที่เสื่อมโทรม เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553)

การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันจะดำเนินไปได้ดีก็ต่อเมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมเหมาะสม คือ สภาพอากาศร้อนชื้น ซึ่งใกล้กับเส้นศูนย์สูตร จึงเจริญเติบโตได้ดีในภาคใต้ของประเทศไทย และต้องมีการวางแผนการจัดการสวนที่ดีด้วย ทั้งนี้ ในการเติบโตของปาล์มน้ำมันนั้นสามารถดูได้จาก จำนวนทางใบ พื้นที่ใบ ความยาวทางใบ พื้นที่หน้าตัดแกนทาง ความสูงของลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (สุรกิตติ ศรีกุล, 2554a) โดยอัตราการสร้างทางใบถือเป็นส่วนที่สำคัญมาก เนื่องจากปาล์มน้ำมันจะมีอัตราการสร้างทางใบสูง ทำให้เป็นพืชที่มีดัชนีพื้นที่ใบมาก จากการศึกษาของ วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน, สุจิตรา พรหมเชื้อ andเพ็ญศิริ จำรัสฉาย (2554) ปาล์มน้ำมันในช่วงอายุ 4 - 5 ปี จะมีพื้นที่ใบเฉลี่ยราว 7.13 ตารางเมตรต่อใบ ทำให้มีศักยภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง และเมื่อต้นปาล์มอายุมากขึ้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงก็จะสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้เมื่อปาล์มน้ำมันเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุดที่อายุประมาณ 12 ปี แล้ว การเติบโตและการให้ผลผลิตจะคงที่ (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2554) ซึ่งอัตราการสร้างทางใบก็จะคงที่ด้วย (อายุ 8 – 12 ปี) คือ ประมาณ 20 – 25 ทางใบต่อปี (Corley and Tinker, 2003)

ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ เพื่อบ่งบอกถึงศักยภาพและยืนยันความสามารถของต้นปาล์มน้ำมันจากพื้นที่

การเกษตรที่จะมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลาที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า (25 ปี) นอกจากนี้ เนื้อไม้ของต้นปาล์มน้ำมันยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้อีก เช่น อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และแผ่นอัดเพื่อการก่อสร้าง ซึ่งเท่ากับว่าจะมีกักเก็บคาร์บอนได้ยาวนานกว่า 30 ปี แสดงให้เห็นว่าปาล์มน้ำมันนอกจากจะเป็นประโยชน์ในการอุปโภคบริโภค และเป็นแหล่งพลังงานทดแทนแล้ว ยังเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน ซึ่งมีส่วนช่วยในการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้อีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อตรวจวัดการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลแรกจนถึงระยะให้ผลผลิตสูงสุด (12 ปี)

2) เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมัน

3) เพื่อประเมินการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในหนึ่งช่วงชีวิตการเติบโตเพื่อการค้า (25 ปี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ปาล์มน้ำมัน

### 2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกาเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ยืนต้น อายุยืนยาว (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548) ซึ่งพระยาประดิพัทธ์ภูบาลได้นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2473 โดยปลูกเป็นไม้ประดับที่สถานีทดลองยางคอหงส์ จังหวัดสงขลา และสถานีกสิกรรมพลิ้ว จังหวัดจันทบุรี แต่เริ่มมีการส่งเสริมให้ปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่จริงๆ ในปี พ.ศ. 2511 ที่นิคมสร้างตนเองพัฒนาภาคใต้จังหวัดสตูล จากนั้นก็ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน 4.5 ล้านไร่ โดยจังหวัดที่ปลูกมากที่สุด คือ สุราษฎร์ธานี กระบี่ และชุมพร ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) ปาล์มน้ำมันจัดอยู่ในพืชตระกูลปาล์ม ซึ่งมีตระกูลย่อยเดียวกับมะพร้าวโดยมีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

วงศ์ (Family): Palmae หรือ Recaceae

สกุล (Genus): Elaeis

สปีชีส์ (Species): guineensis

ชื่อสามัญ (Common name): oil palm

ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name): *Elaeis guineensis* Jacq.

ปาล์มน้ำมันจะมีระบบรากฝอย ซึ่งรากอ่อนจะงอกออกจากเมล็ดเป็นอันดับแรก เมื่อต้นกล้าอายุได้ประมาณ 2 – 4 เดือน รากอ่อนจะหยุดเจริญเติบโตและหายไป ระบบรากจริงจะงอกจากส่วนฐานของลำต้นทอดไปตามแนวนอน จะเป็นระบบรากสานกันอย่างหนาแน่นอยู่บริเวณผิวดินระดับลึก 30 – 50 เซนติเมตร และลำต้นจะมีลักษณะตั้งตรง มียอดเดี่ยวรูปกรวย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 - 12 เซนติเมตร สูง 2.5 - 4 เซนติเมตร ประกอบด้วยใบอ่อนและเนื้อเยื่อเจริญ ต้นปาล์มน้ำมันในระยะ 3 ปีแรกจะเจริญเติบโตทางด้านกว้าง หลังจากนั้นลำต้นจะยืดขึ้นปล้องฐานโคนใบ และข้อจะปรากฏให้เห็นก็ต่อเมื่อปาล์มน้ำมันอายุมากแล้ว ทางใบจะติดอยู่กับลำต้นอย่างน้อย 12 ปี หรือมากกว่านั้นแล้วเริ่มหลุดจากใบล่างขึ้นไปทางใบบนลำต้นมีการจัดเรียงตัวเวียนตามแกนลำต้น รอบละ 8 ทางใบ 2 ทิศทาง คือ เวียนซ้ายและเวียนขวา เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ประมาณ 20 - 75 เซนติเมตร โดยทั่วไปลำต้นมีความสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 35 - 60 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งในการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้าไม่ควรมีความสูงเกิน 15 - 18 เมตร หรืออายุประมาณ 25 ปี (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548)

สำหรับใบของปาล์มน้ำมันนั้นมีลักษณะเป็นใบประกอบรูปขนนก (Pinnate) แต่ละใบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแกนกลางที่มีใบย่อยอยู่ 2 ข้าง และส่วนก้านทางใบ ซึ่งมีขนาดสั้นกว่าส่วนแรกและมีหนามสั้นๆ อยู่ 2 ข้างแต่ละทางมีใบย่อย 100 - 160 คู่ แต่ละใบย่อยยาว 100 - 120 เซนติเมตร กว้าง 4 - 6 เซนติเมตร และแต่ละทางใบประกอบไปด้วย แกนทางใบ (Rachis) ก้านทางใบ (Petiole) และใบย่อย (Leaflet) โดยจะมีอัตราการสร้างทางใบต่ำในช่วงอายุ 2 – 4 ปี หลังจากการปลูกลงแปลง ซึ่งจะสร้างประมาณ 30 – 40 ทางใบต่อปี หลังจากนั้นอัตราการสร้างทางใบจะลดลงและคงที่ในช่วงอายุ 8 – 12 ปี มีอัตราการสร้างประมาณ 20 – 25 ทางใบต่อปี (Corley and Tinker, 2003) ซึ่งการเก็บตัวอย่างในการวิเคราะห์ธาตุอาหารจะเลือกเก็บทางใบที่ 17 เพราะปริมาณธาตุอาหารในทางใบที่ 17 มีความสัมพันธ์กับผลผลิตทะลายสดเมื่อเทียบกับทางใบอื่นๆ (Corley and Tinker, 2003)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชผสมข้าม มีทั้งดอกเพศเมียและดอกเพศผู้ภายในต้นเดียวกัน (Monoecious) แต่แยกช่อดอก บางครั้งจะพบว่ามีช่อดอกกะเทยซึ่งมีทั้งดอกเพศผู้และเพศเมียอยู่รวมกัน (Hermaphrodite) การบานของดอกปาล์มน้ำมันแต่ละดอกไม่พร้อมกัน การพัฒนาจากระยะตาดอกจนถึงดอกบานพร้อมที่จะรับการผสม (Anthesis) ใช้เวลาประมาณ 33 - 34 เดือน (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548) การเปลี่ยนเพศของตาดอก (Sex differentiation) จะเกิดขึ้นในช่วง 20 เดือนก่อนดอกบาน ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ช่อดอกจะพัฒนาเป็นช่อดอกเพศเมียเป็นส่วนใหญ่ เมื่อได้รับการผสมเกสรช่อดอกตัวเมียจะพัฒนาไปเป็นทะลายที่สุกแก่เต็มที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งทะลายปาล์มน้ำมันนั้น ประกอบด้วย ก้านทะลาย ช่อทะลายย่อย และผล เมื่อสุกแก่เต็มที่มีน้ำหนักประมาณ 1 - 60 กิโลกรัม ซึ่งในการปลูกเป็นการค้าจะต้องมีน้ำหนักทะลาย 10 - 25 กิโลกรัม

ผลของปาล์มน้ำมันจะมีรูปร่างหลายแบบ ตั้งแต่รูปเรียวแหลม รูปไข่หรือรูปยาวรี ความยาวผลอยู่ระหว่าง 2 - 5 เซนติเมตร น้ำหนักผลมีตั้งแต่ 3 - 30 กรัม ประกอบด้วยผิวเปลือกนอก (Exocarp) ชั้นเปลือกนอก (Mesocarp) เป็นเนื้อเยื่อเส้นใยและมีน้ำมัน ปาล์มน้ำมันที่ปลูกเป็นการค้าโดยทั่วไปพบว่ามีสีผลที่ผิวเปลือกนอก 3 ลักษณะ คือ เมื่อผลดิบเป็นสีเขียว จะเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อสุก (Light reddish-orange) เรียกลักษณะนี้ว่า Virescens โดยทั่วไปพบน้อยกว่าแบบที่ 2 เรียกว่า Nigrescens ผลดิบมีสีดำ ปลายผลมีสีงาช้างจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อสุกแล้ว (Deep reddish-orange) แบบที่ 3 เรียกว่า Albescens มีสีผิวเปลือกเมื่อสุกเป็นสีเหลืองซีดโดยทั่วไปพบน้อยมาก ปาล์มน้ำมันอาจปรากฏลักษณะผลที่แตกต่างกัน เนื่องจากยีนควบคุมความหนาของกะลา 1 คู่ (Single gene) สามารถจำแนกลักษณะผล (Fruit type) ได้ 3 แบบ คือ 1) ดูรา (Dura) มีกะลาหนา 2 - 8 มิลลิเมตร และไม่มีวงเส้นประสีดำอยู่รอบกะลา มีชั้นเปลือกนอกบาง 35 - 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล 2) เทเนอรา (Tenera) มีกะลาบาง ตั้งแต่ 0.5 - 4 มิลลิเมตร มีวงเส้นประสีดำอยู่รอบกะลา มีชั้นเปลือกนอกมาก 60 - 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล เกิดจากการผสมข้ามระหว่างลักษณะดูรากับพิสิเฟอรา 3) พิสิเฟอรา (Pisifera) ลักษณะผลไม่มีกะลาหรือมีกะลาบาง มีข้อเสีย คือ ช่อดอกตัวเมียมักเป็นหมัน (Abortion) ทำให้ผลฝ่อลีบ ทะลายเล็ก เนื่องจากผลไม่พัฒนา ผลผลิตทะลายต่ำมาก

สำหรับเมล็ดของปาล์มน้ำมันจะมีลักษณะแข็งประกอบด้วย กะลา (Endocarp) และเนื้อใน ซึ่งเจริญมาจากไข่ 1 – 3 อัน บางครั้งพบ 4 อัน ขนาดของเมล็ดขึ้นอยู่กับความหนาของกะลาและขนาดของเนื้อใน บนกะลาจะมีช่องสำหรับงอก (Germ pore) 3 ช่อง ในกะลานั้นประกอบด้วยอาหารต้นอ่อน (Endosperm) หรือเนื้อใน สีขาวอมเทาซึ่งมีน้ำมันสะสมอยู่ และมีเยื่อ (Testa) สีน้ำตาลแก่หุ้มอยู่ โดยมีเส้นใยรองรับระหว่างเยื่อหุ้มกับกะลาอีกชั้นหนึ่งภายในเนื้อในตรงกันข้ามกับช่องสำหรับงอกมีต้นอ่อนฝังตัวอยู่มีลักษณะตรง ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตรโดยปกติเมล็ดปาล์มน้ำมันมีการพักตัวซึ่งสามารถทำลายการพักตัวโดยการอบด้วยความร้อน เมล็ดจะงอกเมื่อได้รับการกระตุ้นโดยอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ขบวนการงอกจะเกิดในระยะเวลา 3 – 4 วัน และยอดของใบเลี้ยงจะขยายใหญ่ขึ้นมีสีเหลือง เรียกว่า จาว (Haustorium) ซึ่งฝังตัวอยู่ในเนื้อใน ทำหน้าที่ดูดอาหารมาเลี้ยงต้นอ่อนเป็นเวลาประมาณ 3 เดือน จนกระทั่งต้นอ่อนสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงเองได้ (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2555)

### 2.1.2 การเติบโตของปาล์มน้ำมัน

การเติบโตของต้นไม้ คือ กระบวนการสะสมและเพิ่มพูนเซลล์ใหม่ให้แก่ส่วนต่างๆ ของต้นไม้ที่มีการเจริญเติบโตทั้งทางความสูงและความโต ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของเยื่อเจริญ (พงศักษ์ สหุนาฬุ, 2538) โดยมีความหมายอยู่ 2 ประการ คือ การเพิ่มพูนของขนาด และการสร้างส่วนใหม่ๆ ขึ้นมา การเจริญเติบโตหมายถึงปริมาณที่เพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาที่กำหนด (Spurr, 1952 และ Toumey, 1947) ปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับทางพันธุกรรมของต้นไม้แต่ละชนิด และปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยที่ปัจจัยสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) ปัจจัยที่คงที่ ได้แก่ ดิน กับลักษณะภูมิประเทศ และ 2) ปัจจัยผันแปร ได้แก่ ภูมิอากาศและการแก่งแย่งแข่งขันกันเองของต้นไม้ (Husch et. al., 1972) ซึ่งบางแนวคิดเพิ่มเติมว่า ปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้แต่ละชนิด ได้แก่ อายุ ความหนาแน่น และสภาพท้องที่ (Hock, 1979)

สำหรับปาล์มน้ำมันแล้ว การเจริญเติบโตจะดำเนินไปได้ดี ก็ต่อเมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมและการจัดการสวนที่เคร่งครัด มีการวางแผนที่ดี ซึ่งปาล์มน้ำมันเองก็ไม่ได้แตกต่างจากพืชชนิดอื่นๆ มาก หากแต่เป็นพืชที่มีอายุยืนยาว ปาล์มน้ำมันจะเริ่มสร้างช่อดอกตั้งแต่อายุประมาณ 1 ปี หลังจากการปลูก ผลผลิตในระยะแรกจะมีขนาดเล็กและจำนวนน้อย แต่ถ้าปล่อยทิ้งไว้อาจเป็นแหล่งของเชื้อโรค โดยเฉพาะโรคทะลายเน่า ดังนั้น จึงนิยมตัดช่อดอกทิ้งในระยะแรกของการเจริญเติบโต มีผลทำให้ต้นปาล์มเจริญเติบโตเร็ว แข็งแรง และมีขนาดใหญ่ เพราะอาหารที่ได้รับจะส่งเสริมสร้างส่วนของลำต้นแทนช่อดอกและผลผลิต เมื่อถึงระยะให้ผลผลิตที่ต้องการผลผลิตจะมีขนาดใหญ่สม่ำเสมอ และเพื่อรักษาทรงพุ่มและทางใบปาล์มน้ำมันให้เหมาะสม จะมีการตัดทางใบที่เกิน ทางใบที่ตาย หรือเป็นโรคออกไป เพื่อให้ทางใบได้รับแสงเต็มที่เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สร้างการเติบโต และทะลายปาล์มได้ดี (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548)

### 2.1.2.1 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเพื่อการเติบโตของปาล์มนำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่เหมาะกับพื้นที่ในเขตร้อนชื้นฝนตกชุก อยู่ในเขตที่ราบต่ำแถบเส้นศูนย์สูตร ที่ราบใกล้ฝั่งทะเลมีความชื้นสูงจะทำให้การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดี (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548) ซึ่งปริมาณน้ำฝนถือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการแปรปรวนของปริมาณธาตุอาหารในใบด้วย (Teoh et al., 1981) ดังนั้น ต้นปาล์มน้ำมันจึงควรอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนี้

**ปริมาณฝน**

ปริมาณฝนถือเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสำคัญในการจำกัดผลผลิตของปาล์มน้ำมัน คือ ความชื้น ซึ่งปาล์มน้ำมันควรได้รับความชื้นสม่ำเสมอตลอดปี ไม่ว่าจะเป็นความชื้นจากฝน หรือความชื้นจากทะเล หรือจากการให้น้ำจากแหล่งน้ำ โดยที่ปริมาณน้ำฝนควรอยู่ในช่วง 2,000 – 3,000 มม./ปี และการกระจายตัวของฝนมีตลอดทั้งปี ในแต่ละเดือนควรมีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 120 มม./เดือน ต้องไม่มีสภาพแล้งเกิน 3 เดือน การกระจายของตัวฝนจะต้องมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดิน เมื่อปาล์มน้ำมันได้รับน้ำและความชื้นเพียงพอ จะทำให้กระบวนการพัฒนาและการสุกของผลปาล์มเป็นตามปกติ มีส่วนทำให้มีน้ำมันสูง (ชัยรัตน์ นิลนนท์ and ธีระพงศ์ จันทรนิยม, 2551)

**แสงแดด**

แสงแดดเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันรองจากน้ำฝน จำนวนช่วงที่ปาล์มน้ำมันต้องการแสงแดดควรมีประมาณ 5 ชั่วโมง/วัน (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548) และไม่น้อยกว่า 2,000 ชั่วโมง/ปี เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง (เกริกชัย ธนรักษ์, 2554a) สำหรับประเทศไทยแล้วถือว่ามีปริมาณของแสงแดดเพียงพอต่อความต้องการของปาล์มน้ำมัน (ปัจจัยของแสงแดดจะมีปัญหาต่อปาล์มน้ำมันก็ต่อเมื่อปาล์มมีอายุมากกว่า 10 ปีไปแล้ว) เนื่องจากจะมีการบดบังแสงกันของทางใบในปาล์มที่ปลูกระยะชิดกัน ดังนั้น การตัดแต่งทางใบจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก เพราะจะทำให้แต่ละทางใบมีพื้นที่ในการรับแสงแดดได้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงเดือนที่มีกลางวันสั้นจะทำให้สัดส่วนเพศของปาล์มน้ำมันลดลง ซึ่งปาล์มจะมีการสร้างดอกตัวเมียน้อยลง ส่งผลกระทบให้ผลผลิตลดลงไป (ธีระพงศ์ จันทรนิยม, 2553)

**อุณหภูมิ**

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน คือ ช่วง 22 – 32 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงเกินไปจะมีผลทำให้อัตราการคายน้ำสูงเกินไป และยังมีผลต่อความชื้นในดินอีกด้วย ดังนั้นไม่ว่าอุณหภูมิจะต่ำหรือสูงเกินไปย่อมมีผลต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันทั้งสิ้น ซึ่งในเขตภาคใต้ของประเทศไทยถือได้ว่าไม่เป็นอุปสรรคต่อการปลูกปาล์มน้ำมันแต่อย่างใด (ชัยรัตน์ นิลนนท์ and ธีระพงศ์ จันทรนิยม, 2551)

**ลม**

ปาล์มน้ำมันต้องการเพียงแค่ลมอ่อนๆ เพื่อช่วยในการผสมเกสร หรือมีการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างต้นปาล์มน้ำมันได้ดีขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้ ปาล์มมีลำต้นที่ไม่แข็งแรง และทรงพุ่มและใบยังมีขนาดใหญ่ หากได้รับกระแสลมแรงพัดเข้ามาอาจทำให้ใบแตกและฉีกขาดได้ หรืออาจจะทำให้ลำต้นล้มได้เช่นกัน นอกจากนี้การที่ลมพัดเบาๆ ในช่วงเที่ยงวันยังช่วยลดอุณหภูมิลงได้อีกด้วย

**ดิน**

ปาล์มน้ำมันจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้สูงในดินร่วน หรือร่วนปนเหนียว หรือดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงอุดมสมบูรณ์สูง มีความลึกของหน้าดินมากกว่า 75 ซม. สามารถระบายอากาศได้ดี และระบายน้ำได้ปานกลางถึงดี ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ประมาณ 4.5 – 6 (เอกชัย พฤกษ์อำไพ, 2548)

**2.1.2.2 การวัดการเติบโตของปาล์มนำมัน**

การวัดการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันนั้นสามารถเป็นตัวชี้วัดได้ว่าสภาพพื้นที่บริเวณนั้นๆ มีความอุดมสมบูรณ์เพียงพอต่อการพัฒนาเป็นสวนปาล์มน้ำมันขนาดใหญ่ในอนาคตต่อไปได้หรือไม่ และในการวัดการเจริญเติบโตนี้จะต้องมีข้อมูลที่สำคัญในการนำมาเปรียบเทียบ (สุรกิตติ ศรีกุล, 2554a) ดังนี้

**จำนวนทางใบเพิ่ม (Rate of leaf production)**

การสร้างใบใหม่ของปาล์มน้ำมันจะอยู่ที่ ประมาณ 18 – 40 ทางใบต่อปี หรือ 1.5 – 3.3 ทางใบต่อเดือน ซึ่งการที่จะดูว่ามีทางใบเกิดขึ้นใหม่นั้น สามารถดูได้ง่ายๆ จาก การนับลงมาตามชั้น หรือรอบของการเวียนทางใบ ซึ่งแต่ละรอบนั้นจะมี 8 ทางใบ โดยให้ทำเครื่องหมายไว้ที่ทางใบที่ 1 ในรอบของการวัดการเติบโตครั้งใหม่ จากนั้นนับชั้นหรือรอบของทางใบลงมาจนถึงชั้นของทางใบที่ 1 ของรอบการวัดที่ผ่านมา และดูว่าตรงกับทางใบที่เท่าไหร่ของรอบการวัดที่ผ่านมาก็จะสามารถนับทางใบที่เพิ่มขึ้นมาใหม่ได้ (รูปที่ 2.1)

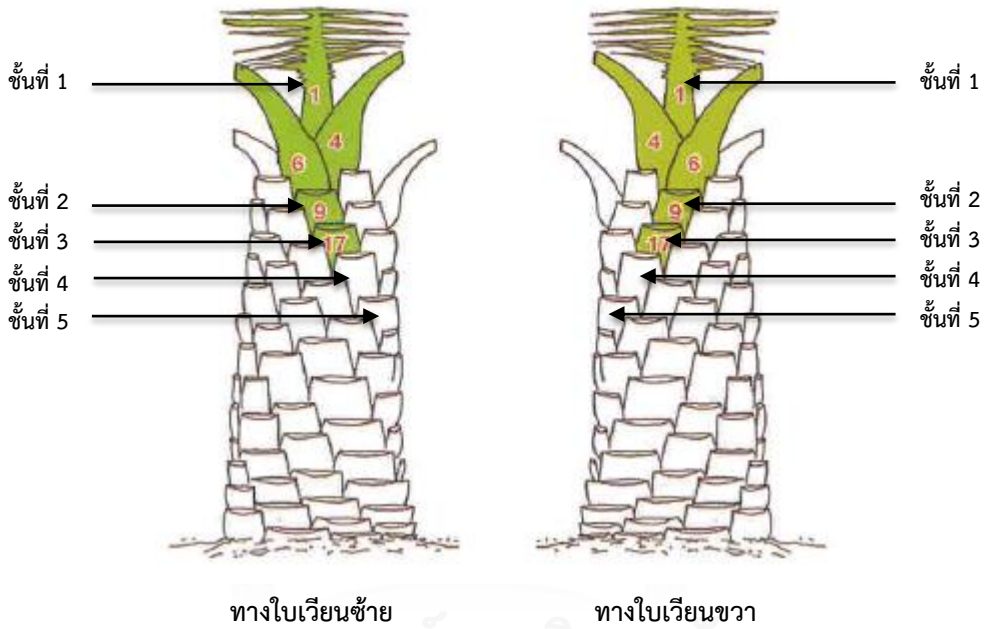
**จำนวนทางใบทั้งหมด (Total number of green leaves)**

ในการนับจำนวนทางใบทั้งหมดจะนับชั้นของทางใบ ซึ่งมีชั้นละ 8 ทางใบมาจนถึงชั้นสุดท้าย แล้วบวกทางใบที่เหลือในชั้นสุดท้าย (รูปที่ 2.1) เช่น

- ชั้นที่ 1 เริ่มชั้นทางใบ คือ ทางใบที่ 1 (ทางใบที่ 1-8 รวมมี 8 ทางใบ)
- ชั้นที่ 2 เริ่มชั้นทางใบ คือ ทางใบที่ 9
- ชั้นที่ 3 เริ่มชั้นทางใบ คือ ทางใบที่ 17

- ชั้นที่ 4 เริ่มชั้นทางใบ คือ ทางใบที่ 25
- ชั้นที่ 5 เริ่มชั้นทางใบ คือ ทางใบที่ 33
- ชั้นที่ 6 เริ่มชั้นทางใบ คือ ทางใบที่ 41

เมื่อนับจำนวนชั้นทั้ง 6 ชั้น จะพบว่ามีทางใบทั้งหมดเท่ากับ 48 ทางใบ แต่ในชั้นสุดท้าย (ชั้นที่ 6) อาจมีทางใบไม่ครบ 8 ทางใบ เนื่องจากมีการตัดแต่งทางใบ หรือเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งจำเป็นต้องตัดทางใบในส่วนที่กีดขวางออกก่อนจึงจะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ดังนั้น หากในชั้นสุดท้ายมีทางใบเหลืออีก 5 ทางใบ ให้นำไปบวกเพิ่มจากทางใบที่ 41 รวมเป็น 41 + 5 = 46 ทางใบ เป็นต้น




**ที่มา:** คู่มือปาล์มน้ำมัน และการจัดการสวน (2546)

**รูปที่ 2.1** ลักษณะราก ลำต้น และใบปาล์มน้ำมัน

**พื้นที่ใบ (Leaf area)**

พื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมัน เป็นการคำนวณโดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่เป็นมาตรฐาน คือ ทางใบที่ 17 ทำการนับจำนวนใบย่อย (n) ด้านใดด้านหนึ่งรวมทั้งที่โคนทาง (ที่มีลักษณะเป็นหนาม) และปลายทางใบ จากนั้นวัดความยาวของก้านทางใบแล้วตัดใบย่อยตรงกลางทางใบแต่ละด้าน ด้านละ 3 ใบ (รวม 6 ใบ) ออกมาวัดความกว้าง (w) ของกึ่งกลางใบและความยาว (l) ทั้ง 6 ใบ นำค่า w x l มาหาค่าเฉลี่ย (b) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาทำการคำนวณพื้นที่ใบสัมพัทธ์ (Relative leaf area; rla) จากสูตร

พื้นที่ใบสัมพัทธ์ (rla) = 2n x b

โดยที่ b = ค่าเฉลี่ยของความกว้างใบย่อย (w) x ค่าเฉลี่ยของความยาวใบย่อย (l)

n = จำนวนใบย่อย 1 ด้านของแกนทาง

ส่วนพื้นที่ใบจริง (a) คำนวณจาก พื้นที่ใบสัมพัทธ์ x 0.55 ทั้งนี้ปาล์มน้ำมันที่ปลูกใหม่มีพื้นที่ใบประมาณ 1 ตารางเมตร/ทางใบ ในขณะที่ทางใบของปาล์มน้ำมันที่โตเต็มที่แล้วอาจมีพื้นที่ถึง 12 ตารางเมตร

**พื้นที่หน้าตัดแกนทาง (Petiole cross section)**

ทำโดยวัดความกว้างของแกนทางในตำแหน่งใบย่อยล่างสุดของโคนทาง และวัดความลึกในตำแหน่งเดียวกันด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ และนำไปคำนวณพื้นที่หน้าตัดแกนทางจากสูตร

พื้นที่หน้าตัดแกนทาง = ความกว้าง x ความลึก

**ความยาวทางใบ (Rachis length)**

สำหรับความยาวทางใบนั้นจะวัดจากตำแหน่งหนามใบย่อยล่างสุดถึงตำแหน่งปลายสุดของทางใบ ไม่ใช่ปลายย่อยบนสุดของใบย่อย โดยจะวัดในทางใบที่ 17 เช่นกัน

**ความสูงของลำต้น (Trunk height)**

การวัดความสูงของลำต้นจะวัดจากโคนทางใบปาล์มน้ำมันที่ 41 ถึงพื้นดินบริเวณโคนต้นซึ่งเป็นระดับที่ปลูก โดยทั่วไปความสูงของปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นต่อปีจะมีค่าประมาณ 30 – 90 เซนติเมตร

**เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (Trunk diameter)**

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น โดยการเจาะโคนทางปาล์มน้ำมันให้ถึงลำต้นเป็นพื้นที่ประมาณ 5 ตารางเซนติเมตร เหนือพื้นดินประมาณ 1.5 เมตร ตรงข้ามกันทั้ง 2 ด้านวัดด้วยคาลิปเปอร์ขนาดใหญ่

**2.1.2.3 ช่วงการเติบโตของปาล์มนำมัน**

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วมาก ซึ่งในแต่ละช่วงอายุนั้นการเจริญเติบโต และความต้องการธาตุอาหารจะแตกต่างกันไป ทำให้การดูแลรักษาและการจัดการดินและน้ำ รวมไปถึงการให้ปุ๋ยมีความแตกต่างกันไปด้วย สำหรับการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันในแต่ละช่วงอายุนั้น มีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ปาล์มน้ำมันระยะอนุบาล**

การอนุบาลต้นกล้า สามารถแยกเป็น 2 ระยะสำคัญ คือ

1) ระยะอนุบาลแรก (Pre-nursery)

การเติบโตของปาล์มน้ำมันในระยะอนุบาลแรกเริ่มจากตั้งแต่ช่วงการนำเมล็ดงอกปลูกลงถุงเพาะ เป็นเวลา 0 – 14 สัปดาห์ ซึ่งการเลี้ยงต้นอ่อนระยะแรกต้องทำอย่างระมัดระวัง ต้องมีการบังร่มเงา โดยควรทำร่มเงาให้มีความสูงประมาณ 2 เมตร และต้องดูแลแมลงศัตรูและทำการคัดต้นที่ผิดปกติและเป็นโรคทิ้งไป ทำการป้องกันโรคและแมลงด้วยสารเคมี ในการเพาะเมล็ดนั้นจะต้องวางเมล็ดในถุงพลาสติกขนาดเล็กจำนวน 1 เมล็ดต่อ 1 ถุง โดยวิธีการวางเมล็ดนั้นต้องวางให้ส่วนของยอดอ่อนชี้ตั้งตรงและส่วนของรากวางอยู่ข้างล่าง และไม่ควรฝังลึกมากนัก ประมาณให้ท่วมยอดต้นอ่อนหรือให้ยอดโผล่เหนือดินเล็กน้อย (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน), 2556)

ปาล์มน้ำมันในช่วงนี้จะมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงด้านขนาดของใบ ลำต้น และการสร้างใบใหม่ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าลักษณะของใบ และความยาวของทางใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีลักษณะเป็นรูปหอก (Lanceolate) (Chinchilla C.M. et al., 1998) มีจำนวน 3 – 5 ใบ จากนั้นในระยะ 12 – 14 สัปดาห์ จึงทำการย้ายต้นกล้าปาล์มดังกล่าวลงถุงเพาะที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

2) ระยะอนุบาลหลัก (Main Nursery)

ปาล์มน้ำมันในระยะอนุบาลหลักจะมีการเจริญเติบโตต่อเนื่องมาจากในระยะอนุบาลแรก ซึ่งเป็นการนำกล้าปาล์มจากระยะอนุบาลแรกไปปลูกในถุงเพาะที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งการเลือกพื้นที่สำหรับการอนุบาลต้นกล้าในระยะนี้มีความสำคัญ โดยพื้นที่ที่เลือกจะต้องเป็นที่ราบสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง มีทางระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง และควรเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับเรือนเพาะชำ เพื่อความสะดวกในการขนย้ายกล้าลงปลูก จากนั้นทำการย้ายต้นกล้าลงปลูกในถุงที่เตรียมไว้ (บรรจุดินลงในถุงดำขนาด 15 x 18 นิ้ว ที่ได้ทำการเจาะรูระบายน้ำไว้ด้านล่างและด้านข้างของถุง) และวางถุงพลาสติกที่ปลูกต้นปาล์มเรียบร้อยแล้วไปวางไว้ในพื้นที่ดังกล่าว โดยวิธีการวางถุงให้วางเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีระยะห่างกัน 90 x 90 x 90 เซนติเมตร และอาจจะเว้นทางเดินไว้สำหรับการรดน้ำหรือติดระบบน้ำ ขนาด 1 ถึง 1.2 เมตรทุกๆ ระยะ 15 ถึง 20 เมตร ตามความกว้างของแปลง (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน), 2556)

ลักษณะของต้นปาล์มน้ำมันในระยะนี้จะมีการสร้างใบทั้งแบบรูปหอก รูปสองแฉก (Bifurcate) ในเดือนที่ 4 – 6 และรูปขนนก (Pinnate) หลังจากเดือนที่ 7 เป็นต้นไป (Chinchilla C.M. et al., 1998) โดยมีจำนวนทางใบประมาณ 9 – 12 ทางใบต่อต้น จากนั้นเมื่อต้นกล้ามีอายุ 10 – 14 เดือน จึงย้ายต้นกล้าที่สมบูรณ์ลงปลูกในแปลงจริงได้

**ปาล์มน้ำมันหลังปลูก - อายุ 3 ปี**

ปาล์มน้ำมันหลังปลูกถึงช่วงอายุ 3 ปี นั้น เป็นช่วงที่ต้นปาล์มมีอัตราการเติบโตเร็วมากและจะเติบโตได้เต็มที่ในช่วงนี้ เนื่องจากเดิมจุดเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันมีเพียงจุดเดียว คือ ตายอด ในระยะแรกลำต้นจะเจริญเติบโตด้านกว้าง จากนั้นเป็นการเจริญเติบโตด้านความสูงเป็นลำต้นเหนือดิน ทำให้ต้นปาล์มน้ำมันมีความต้องการธาตุอาหารสูง เพราะส่วนหนึ่งใช้ในการสร้างทั้งทางใบ ต้น และราก อีกส่วนหนึ่งใช้ในการเตรียมออกดอกผลในช่วงระยะหลังจาก 3 ปี ไปแล้ว (เกริกชัย ธนรักษ์, 2554) ดังนั้น ปาล์มน้ำมันในช่วงนี้จะมีการเจริญเติบโตทั้งทางลำต้น และใบอย่างรวดเร็ว แต่จะไม่มีการตัดแต่งทางใบมากเกินไป เนื่องจากจะช่วยในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของปาล์มน้ำมันให้มากขึ้น และไม่ทำให้ต้นปาล์มมีลักษณะยอดเรียวเล็กเกินไปในระยะต่อไป การดูแลปาล์มน้ำมันในช่วงนี้มีความสำคัญอย่างมาก เพราะจะมีผลต่อการให้ผลผลิตในระยะต่อๆ ไปให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ยาวนานและต่อเนื่อง 20 – 25 ปี (นงคราญ มณีวรรณ, 2552)

**ปาล์มน้ำมันตั้งแต่เริ่มปลูก - อายุ 12 ปี**

การเติบโตของปาล์มน้ำมันในช่วงหลังจากอายุ 3 ปี ไปแล้ว จะเน้นด้านการพัฒนาทรงพุ่มเป็นหลัก ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ระยะ (เกริกชัย ธนรักษ์, 2554) คือ

1) ระยะตั้งแต่เริ่มปลูก - อายุ 7 ปี

ปาล์มน้ำมันตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงอายุ 7 ปี เป็นระยะที่มีการขยายพื้นที่ใบ มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด ต้นปาล์มนั้นมีการสร้างอาหารสูง เพื่อใช้สำหรับการเติบโตทางกิ่งใบ และสนับสนุนการพัฒนาของช่อดอก มักจะพบช่อดอกตัวผู้ก่อนตัวเมีย ในปาล์มน้ำมันที่มีการเติบโตที่ดีตั้งแต่เริ่มแรกสามารถให้ผลผลิตได้ภายใน 2.5 ปี หลังปลูก ในช่วงนี้ต้นปาล์มจะมีความสูงเฉลี่ยราว 50 เซนติเมตรต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2552b)

2) ปาล์มน้ำมันตั้งแต่อายุ 7 ปี – 12 ปี

ปาล์มน้ำมันในช่วงนี้ เป็นช่วงที่เริ่มมีการทับซ้อน และบังแสงกันเองในระหว่างใบปาล์มด้วยกัน อัตราการเติบโตทางลำต้นค่อนข้างคงที่ แต่เป็นช่วงที่ให้ผลผลิตทะลายสดสูงสุด และมีอัตราการสร้างทางใบจะคงที่ประมาณ 20 – 25 ทางใบต่อปี (Corley and Tinker, 2003)

3) ปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะ 12 ปีขึ้นไป

ปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะ 12 ปีขึ้นไป เป็นช่วงที่ทางใบของใบปาล์มน้ำมันซ้อนทับกันมากขึ้น ความสูงของต้นปาล์มจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างเร็ว เพราะมีการแก่งแย่งแสงกันมากในระหว่างต้นปาล์ม จึงควรมีการตัดสาง (Thinning) ต้นปาล์มน้ำมันออกบ้าง เพื่อให้ต้นที่เหลืออยู่ได้รับแสงเพิ่มขึ้น (เกริกชัย ธนรักษ์, 2554b) ซึ่งในการตัดสางต้นปาล์มน้ำมันจะคัดเลือกต้นที่มีความผิดปกติ ตาย สูง หรือต่ำเกินไปออกประมาณ 12 % หรือ 2 – 3 ต้น/ไร่ และได้มีการศึกษาเปรียบเทียบกับแปลงปาล์มน้ำมันครบ 22 – 23 ต้น/ไร่ พบว่า ผลผลิตสะสมติดต่อกัน 4 ปี

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (เกริกชัย ธนรักษ์, 2551) หลังจากนี้อัตราการให้ผลผลิตรวมไปถึงการเติบโตของต้นปาล์มน้ำมันจะค่อนข้างคงที่จนกระทั่งอายุ 25 ปี (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2554)

**2.1.2.4 ประโยชน์ของปาล์มน้ำมัน**

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชน้ำมันที่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทั้งที่เป็นอาหาร (Food) และไม่ใช่อาหาร (Non-food) หรือมีประโยชน์ด้านการบริโภคและอุปโภคนั่นเอง ซึ่งสามารถสรุปได้ดัง เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่ต้องมีการทอด เนยเทียม ไอศกรีม ขนมขบเคี้ยว และลูกกวาด หรืออุตสาหกรรมโอเลโอเคมีคอล (Olechemical) ซึ่งรวมถึงการผลิตเชื้อเพลิง (เมทานอล) เพื่อใช้กับเครื่องยนต์ เป็นต้น

น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เนื่องจากความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบของกรดไขมัน ลักษณะทางเคมีและกายภาพ และสมบัติอื่นๆ (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2555) ดังนี้

- มีความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชั่น
- มีปริมาณไขมันแข็งตามธรรมชาติ
- มีความคงตัวในการเกิดผลึกเบต้าไพรม์ (β1)
- ราคาถูก หาได้ง่าย และมีการผลิตเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี
- มีคุณค่าทางโภชนาการ

จากสมบัติเหล่านี้ทำให้น้ำมันปาล์มได้รับการยอมรับจากภาคอุตสาหกรรมในการนำไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมายแบ่งการนำไปใช้ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

**อุตสาหกรรมด้านอาหาร**

น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ประมาณ 80% นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภท เช่น น้ำมันทอด น้ำมันปรุงอาหาร มาการีน วานาสปาติ ไอศครีม ครีมเทียม นมเทียม เนยขาว เนยโกโก้ ขนมเค้ก ขนมปัง ฯลฯ รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ เช่น วิตามินอี วิตามินเอ

**อุตสาหกรรมโอลิโอเคมิคอล**

น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ประมาณ 20% นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิต สินค้าอุปโภค โดยผ่านกระบวนการทางเคมี ดังนี้

- การผลิตกรดไขมันประเภทต่างๆ

การผลิตกรดไขมันประเภทต่างๆ ทั้งกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น กรดลอริก ใช้ทำเป็นเรซินในอุตสาหกรรมลี

กรดปาล์มมิติก ใช้ในการเลี้ยงเชื้อราเพื่อสกัดเป็นยาปฏิชีวนะ ผสมกับกรดสเตียติคเพื่อทำเทียนไข กรดโอเลอิก ใช้ในอุสาหกรรมสิ่งทอ กรดสเตียริก ใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง สบู่เด็ก ผสมกับกรดปาล์มมิติกเพื่อทำเทียนไข กรดลิโนเลอิก ใช้เป็นยาฉีดสำหรับลดไขมันในเส้นเลือด

- การผลิตเมทธิลเอสเทอร์

การผลิตเมทธิลเอสเทอร์เป็นสารที่ได้จากการทำปฏิกิริยาเคมี ระหว่างน้ำมันปาล์ม และเมทธิลอัลกอฮอล์ โดยใช้โซเดียม ไฮดรอกไซด์ หรือโซดาไฟเป็นสารเร่งปฏิกิริยา และมีผลพลอยได้ที่สำคัญและมีมูลค่าสูงคือ กลีเซอรอล เมทธิลเอสเทอร์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ทั้งในด้านพลังงาน (ไบโอดีเซล) หรือใช้เป็นสารสำหรับผลิตอนุพันธ์ของกรดไขมันประเภทต่างๆ Fatty Alcohol ใช้ประโยชน์ในการผลิต Sodium Alkyl Sulphates และ Surfactant ที่ใช้ผลิตผงซักฟอก Fatty Acid Amides มีคุณสมบัติช่วยกันน้ำนิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตกระดาษ ไม้อัด โลหะ และยางฯ Fatty Amines ที่มีความสำคัญนิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตพลาสติก น้ำมันหล่อลื่น สารควบคุมเชื้อรา และแบคทีเรียฯ (บริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด, 2553)

## 2.2 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยต้นไม้จะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสร้างอาหาร และผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช คือ การเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพ (Biomass) ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่ชั้นบรรยากาศนั้นจะผ่านกระบวนการหายใจ การตาย และการย่อยสลายไป ทั้งนี้ความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ก็ยังขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ซึ่งเนื้อไม้ 1 ตัน จะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1.81 ตัน และปล่อยก๊าซออกซิเจน 1.32 ตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

### 2.2.1 การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่พืชและสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนพลังงานแสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมีที่อยู่ในโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่สร้างขึ้น ซึ่งจะถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีวิตของพืชและสิ่งมีชีวิตต่อไป โดยที่พืชและสิ่งมีชีวิตดึงเอาพลังงานจากดวงอาทิตย์ให้เข้ามาหมุนเวียนในโลก พืชจะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำมาเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยมีคลอโรฟิลล์ และแสงเป็นตัวกระตุ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ น้ำตาลกลูโคส และก๊าซออกซิเจน เราสามารถเขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ได้ด้วยสมการเคมีที่เรียกว่า สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนี้ (คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555)

$$6\ CO_2 + 12\ H_2O \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสง}} C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$

ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เข้ามาเกี่ยวข้องในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ได้แก่ แสง และความเข้มแสง อุณหภูมิ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 2.2.1.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

**แสง หรือความเข้มของแสง**

ถ้ามีความเข้มของแสงมาก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังกราฟ อุณหภูมิกับความเข้มของแสง มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงร่วมกัน คือ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเพียงอย่างเดียว แต่ความเข้มของแสงน้อยจะไม่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงขีดหนึ่งแล้วอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดต่ำลงตามอุณหภูมิและความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้นและยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืชอีกด้วย เช่น พืช C3 และ พืช C4 ซึ่งปาล์มน้ำมันเป็นพืช C3 ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Carboxylation efficiency) ของเอนไซม์นี้ในวัฏจักรคาลวิน (Calvin-Benson cycle) ที่เปลี่ยนรูปคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นคาร์โบไฮเดรต ตลอดจนถึงอัตราการขนย้ายคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate transport) ในรูปซูโครส และ/หรือ ในรูปแป้งที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงออกจากคลอโรพลาสต์ไปยังแหล่งสะสม (Sink) ต่างๆ เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลายทาง (ในคลอโรพลาสต์) ให้มีค่าต่ำกว่าต้นทาง (ช่องว่างภายในใบ) ซึ่งก่อให้เกิดแรงขับเคลื่อนของคาร์บอนไดออกไซด์ให้แพร่เข้าสู่เซลล์ (สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, จินตณา บางจั่น and ธาดา ชัยสีหา, 2543) และทำให้มีประสิทธิภาพการใช้แสงค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.052 mol $CO_2$ $mol^{-1}$ PPF ที่อุณหภูมิ 30 $^{o}$C ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะเท่ากับ 330 µmol $CO_2$ $mol^{-1}$ air และออกซิเจน 21% เชิงปริมาตร (Evans, 1987)

**ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์**

ถ้าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้นจากระดับปกติที่มีในอากาศ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย จนถึงระดับหนึ่งถึงแม้ว่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงขึ้น แต่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้สูงขึ้นตามไปด้วย และถ้าพืชได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าระดับน้ำแล้วเป็นเวลานานๆ จะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดต่ำลงได้ คาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย เช่น ความเข้มข้นสูงขึ้น แต่ความเข้มของแสงน้อย และอุณหภูมิของอากาศก็ต่ำ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดต่ำลงตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นสูงขึ้น ความเข้มของแสงและอุณหภูมิของอากาศก็เพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งก็จะมีผลทำให้พืชมีอาหารมากขึ้น ดังนั้น พืชจึงสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และออกดอกออกผลเร็ว (คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555)

**อุณหภูมิ**

อุณหภูมิเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยทั่วไปอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10-35 ℃ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นกว่านี้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดต่ำลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่อุณหภูมิสูงๆ ยังขึ้นอยู่กับเวลาอีกปัจจัยหนึ่งด้วย กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิสูงคงที่ เช่น ที่ 40 ℃ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเอนไซม์ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่พอเหมาะ ถ้าสูงเกิน 40 ℃ เอนไซม์จะเสื่อมสภาพทำให้การทำงานของเอนไซม์ชะงักลง ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์ต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงด้วย เรียกปฏิกิริยาเคมีที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิว่า ปฏิกิริยาเทอร์มอเคมิคอล (Thermochemical reaction) (คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555)

**ออกซิเจน**

โดยปกติแล้วในอากาศจะมีปริมาณของออกซิเจน ($O_2$) ประมาณ 25% ซึ่งค่อนข้างคงที่จึงมักไม่ค่อยมีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่ถ้าเมื่อใดที่ปริมาณออกซิเจนลดลงจะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้น และถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารต่างๆ ภายในเซลล์ โดยเป็นผลจากพลังงานแสง (Photorespiration) รุนแรงขึ้น การสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง

**น้ำ**

น้ำถือเป็นวัตถุดิบที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (แต่ต้องการประมาณ 1% เท่านั้น จึงไม่สำคัญมากนักเพราะพืชมีน้ำอยู่ภายในเซลล์อย่างเพียงพอ) อิทธิพลของน้ำมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงทางตรง คือ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (Campbell, 1977)

**แร่ธาตุ**

ธาตุแมกนีเซียม (Mg) และไนโตรเจน (N) ของเกลือในดิน มีความสำคัญต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เพราะธาตุดังกล่าวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ดังนั้นถ้าในดินขาดธาตุทั้งสอง พืชก็จะขาดคลอโรฟิลล์ ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเหล็ก (Fe) จำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ และสารไซโตโครม (ตัวรับและถ่ายทอดอิเล็กตรอน) ถ้าไม่มีธาตุเหล็กในดินเพียงพอ การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ก็จะเกิดขึ้นไม่ได้ด้วย (Campbell, 1977)

**อายุของใบ**

ใบจะต้องไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป ทั้งนี้เพราะในใบอ่อนคลอโรฟิลล์ยังเจริญไม่เต็มที่ ส่วนใบที่แก่มากๆ คลอโรฟิลล์จะสลายตัวไปเป็นจำนวนมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของปาล์มน้ำมันมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง เพราะว่าทางใบจะมีความซับซ้อนมาก (สุรกิตติ ศรีกุล, 2554a) จากการศึกษาของประเทศมาเลเซียในปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปี พบว่า มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดเท่ากับ 24.31 μmol $CO_2$ $m^{-2}s^{-1}$ และเมื่อปาล์มมีอายุ 8 – 9 ปี พบว่ามีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 26 – 31 μmol $CO_2$ $m^{-2}s^{-1}$ (Lamade and Setiyo, 1966) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในปาล์มน้ำมันในไอวอรี่โคสต์ โดยพบว่าปาล์มน้ำมันมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดเท่ากับ 23.7 μmol $CO_2$ $m^{-2}s^{-1}$ ในสภาพความเข้มแสงที่ 14.00 MJ/m2/day (Dufrene, 1989) เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูง ดังนั้น จึงต้องการอาหารและน้ำไปเลี้ยงส่วนทะลายจำนวนมาก ทำให้ปาล์มน้ำมันมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงเพื่อสร้างอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการในส่วนต่างๆ นั่นเอง (พรชัย ไพบูลย์ และสุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, 2550)

จากการศึกษาของ พรชัย ไพบูลย์ และสุนทรี ยิ่งชัชวาลย์ (2550) เรื่อง ศักยภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้ต้นที่มีอายุ 13.5 ปี จากสายต้น (Clone) ที่ให้ผลผลิตสูง ปานกลาง ต่ำ และต้นที่ขยายพันธุ์จากเมล็ด (Sd) ซึ่งทำการวัดศักยภาพการตอบสนองต่อแสงของใบย่อยบริเวณกึ่งกลางทางใบที่ 13 ใช้หลักการของกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซ พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงรวมสูงสุดของใบสายต้นที่ให้ผลผลิตสูงสุดนั้นมีค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุดเท่ากับ 22.5 μmol $CO_2$ $m^2$ $s^{-1}$ และกระบวนการด้าน Carboxylation มีช่วงของจุดชดเชยคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 61 – 72 μmol $CO_2$ $molair^{-1}$ และค่านำไหลเมโซฟิลล์ 73 – 106 μmol $CO_2$ $m^2$ $s^{-1}$ พารามิเตอร์ของศักยภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบปาล์มน้ำมันที่ได้กล่าวได้ว่า ศักยภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบปาล์มน้ำมันมีความแตกต่างกันของต้นที่มีระดับผลผลิตทะลายสดต่างกัน

### 2.2.2 มวลชีวภาพ

มวลชีวภาพ (Biomass) หมายถึง มวลของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งหรือในระบบนิเวศใดๆ มวลชีวภาพดังกล่าว ประกอบไปด้วยมวลของพืชสีเขียวที่สร้างขึ้นมาจากขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมกับมวลของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ มวลชีวภาพสามารถวัดออกมาในรูปของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง น้ำหนักขี้เถ้า หรือในรูปของพลังงาน แต่โดยทั่วไปนิยมที่จะหาออกมาในรูปน้ำหนักแห้ง มีหน่วยเป็นตันต่อไร่ ซึ่งเมื่อกล่าวถึงมวลชีวภาพไม้ จะหมายถึงมวลหรือน้ำหนักของต้นไม้ที่สร้างขึ้นมาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สามารถแยกวัดมวลชีวภาพออกตามส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ราก ดอก ผล และซากใบไม้ เศษไม้ที่ร่วงหล่น (รักชาติ สุขสำราญ, 2548)

การวัดมวลชีวภาพของไม้ในป่า สามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีตัดไม้ทุกชนิดที่มีอยู่ในพื้นที่ออกแล้วนำไปชั่งน้ำหนักสดทั้งหมด หรือนำไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้ง ส่วนอีกวิธีได้แก่ การตัดไม้ตัวอย่างบางต้น นำไปอบแห้ง แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาสมการสำหรับประมาณมวลชีวภาพไม้ต้นอื่นๆ ต่อไป ภายหลังจากอบแห้งและชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวอย่างไม้เสร็จเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลน้ำหนักสดทั้งต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งตัวอย่าง มาคำนวณหาน้ำหนักแห้งของต้นไม้ ดังนี้

**2.2.1.2 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น**

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นส่วนต่างๆ ของไม้ตัวอย่าง ทำโดยแยกคำนวณเป็นส่วนของ ลำต้น กิ่ง และใบ (ดอก ผล และราก ถ้ามี) โดยการนำน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตรดังต่อไปนี้ (รักชาติ สุขสำราญ, 2548)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}}$$

**2.2.1.3 คำนวณหามวลชีวภาพ**

การคำนวณหามวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้งของไม้ทั้งต้น จะแยกคำนวณเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ (ดอก ผล และราก ถ้ามี) จากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของส่วนต่างๆ ที่คำนวณได้ นำไปเปลี่ยนน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง และใบ (ดอก ผล และราก ถ้ามี) ให้เป็นมวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้ง ได้จากสูตรดังต่อไปนี้ (รักชาติ สุขสำราญ, 2548)

$$\text{มวลชีวภาพ} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสดทั้งต้น}}{\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} + 100}$$

เมื่อคำนวณหาน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ของต้นไม้เรียบร้อยแล้ว จะได้ข้อมูลน้ำหนักแห้งของ ลำต้น กิ่ง ใบ (ดอก ผล และราก ถ้ามี) ไปใช้หาความสัมพันธ์กับค่าตัวแปรต่างๆ ของต้นไม้ที่ตรวจวัดมา ในกรณีน้ำหนักแห้งของดอกและผล ส่วนใหญ่นำไปรวมกับน้ำหนักแห้งของใบ หรืออาจจะไม่นำไปใช้คำนวณ ทั้งนี้เนื่องจากดอกและผล ต้นไม้บางต้นอาจจะไม่มีหรือมีน้อยมาก ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับมิติต่างๆ ของต้นไม้ได้ จากการศึกษาของ นาฏสุดา ภูมิจำนงค์ (2550) ในเรื่องของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน มวลชีวภาพในรากของไม้สัก และคาร์บอนในดินของสวนป่าไม้สัก ซึ่งได้ทำการศึกษาใน 5 ช่วงอายุ คือ อายุ 10, 14, 18, 27 และ 28 ปี ตามลำดับ โดยใช้สมการแอลโลเมตรีในการคำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน สำหรับในรากได้ทำการขุดตัวอย่างรากตามชั้นอายุ อายุละ 1 ต้น พบว่า ปริมาณคาร์บอนรวมของสวนป่าไม้สักแต่ละชั้นอายุมีคาร์บอนรวมเท่ากับ 169.37, 83.72, 99.11, 170.13, 149.66 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ สัดส่วนของคาร์บอนในต้นสักและรากเท่ากับ 31:1, 7:1, 12:1, 33:1 และ 27:1 ตามลำดับ ซึ่งความผันแปรของคาร์บอนเหนือพื้นดิน ในราก และในดินผันแปรไปเนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพภูมิประเทศ การจัดการสวนป่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งไฟป่า

**2.2.1.4 คำนวณหามวลชีวภาพของปาล์มน้ำมัน**

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีดัชนีพื้นที่ใบสูงจึงทำให้มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง นำไปสู่การให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงตามไปด้วย ทั้งนี้ ศักยภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบปาล์มน้ำมันจะมีความแตกต่างกันของต้นที่มีระดับผลผลิตทะลายสดต่างกัน (พรชัย ไพบูลย์ และ

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, 2550) และผลผลิตที่ได้ล้วนมาจากการเจริญเติบโตของพืชในแง่ของการสะสมน้ำหนักแห้ง ทำให้มีการสะสมปริมาณมวลชีวภาพได้มากทั้งเหนือพื้นดิน และใต้ผิวดิน ดังนั้น จึงทำให้การสร้างคาร์บอนมีประสิทธิภาพสูง และมีการผลิตออกซิเจนสู่บรรยากาศได้มากด้วย (สุรกิตติ ศรีกุล, 2554b)

การคำนวณน้ำหนักแห้งของปาล์มน้ำมัน (Corley and Breure, 1981) สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

- คำนวณค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของใบปาล์มน้ำมัน (w) จากสูตร

$$w = 0.102p + 0.206$$

โดยที่ p = พื้นที่หน้าตัดแกนทาง

- น้ำหนักแห้งรวมของใบทั้งหมด

น้ำหนักแห้งรวมของใบทั้งหมด = g x w

โดยที่ g = จำนวนทางใบทั้งหมด

**2.3 การกักเก็บคาร์บอนของพืช**

ป่าไม้มีบทบาทสำคัญในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบ เพื่อสร้างอินทรียสาร ซึ่งมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ นำมาสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ หรือที่เรียกว่า มวลชีวภาพ ในขณะเดียวกันต้นไม้จะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศโดยกระบวนการหายใจของส่วนต่างๆ ดังนั้น ปริมาณคาร์บอนสุทธิจากกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซของต้นไม้จึงเป็นปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพของต้นไม้ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ชนิดต่างๆ นอกจากนี้ เศษซากพืชที่ตายแล้ว (Litter) ได้แก่ กิ่ง ใบ ดอก และผล ตลอดจนรากฝอย และอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter) จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรี ย์ต่างๆ และปลดปล่อยคาร์บอนกลับสู่บรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่คาร์บอนส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนทำให้เอนไซม์ที่หลั่งจากจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น สารประกอบฮิวมัส (Humus) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบที่เสถียรและมักพบเป็นรูปแบบสุดท้ายของคาร์บอนที่สะสมอยู่ในดิน (สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, 2550)

ปริมาณคาร์บอน (Carbon content) ที่สะสมในส่วนต่างๆ ของต้นไม้แต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของป่าธรรมชาติ และผลผลิตมวลชีวภาพของป่า ในทำนองเดียวกันการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของสวนป่าหรือป่าปลูกขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนและผลผลิตมวลชีวภาพของพรรณไม้ที่ปลูก โดยทั่วไปปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพมีการแปรผันไม่มากนักโดย ทำให้การแปรผันของการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าธรรมชาติหรือสวนป่าส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของมวลชีวภาพของป่าหรือสวนป่ามากกว่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพ ดังนั้น ป่าธรรมชาติหรือสวนป่าที่มีมวลชีวภาพหรือการเติบโตมากจะมีการกักเก็บคาร์บอนมากด้วยเช่นกัน

ซึ่งมวลชีวภาพของสวนป่ามีการแปรผันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดไม้และลักษณะทางพันธุกรรม อายุ ระยะปลูกหรือความหนาแน่น และคุณภาพท้องที่ เป็นต้น

ปัจจุบันมีวิธีการหลากหลายที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต การพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต การปรับปรุงการผลิต ฯลฯ ซึ่งเทคโนโลยีการดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage: CCS) วิธีหลักๆ มีด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่ การกักเก็บทางตรงและทางอ้อม แต่วิธีการที่ดีที่สุดในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือคาร์บอน คือ การกักเก็บไว้ในต้นไม้ และผลิตภัณฑ์ไม้ที่มีอายุการใช้งานยาวนาน เช่น บ้านเรือน และเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

### 2.3.1 แหล่งสะสมคาร์บอนของพืช

แหล่งสะสมคาร์บอน (Carbon pool) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบนิเวศป่าไม้ ซึ่ง Watson (2009) ได้จำแนกเป็น 6 แหล่ง ดังนี้

- มวลชีวภาพเหนือดิน (Living above-ground biomass) ได้แก่ ทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือดิน อันได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และผล รวมทั้งพืชพรรณอื่นๆ
- มวลชีวภาพใต้ดิน (Living below-ground biomass) ได้แก่ ส่วนของต้นไม้ที่อยู่ใต้ดินคือ ราก
- ไม้ตาย (Dead organic matter in wood) ได้แก่ ต้นไม้ที่ล้ม หรือยืนต้นตาย
- ซากพืช (Dead organic matter in litter) ได้แก่ ส่วนต่างๆ ของต้นไม้ที่ร่วงหล่นสู่ดิน ได้แก่ กิ่ง ก้าน ใบ ดอก และผล
- อินทรียวัตถุในดิน (Soil organic matter)
- ผลิตภัณฑ์ไม้ (Harvested wood product) ได้แก่ ส่วนของเนื้อไม้ที่นำไปใช้ประโยชน์ภายหลังการตัดฟัน

โดยทั่วไปป่าทุติยภูมิ (Secondary forest) หรือสวนป่าที่มีต้นไม้ที่กำลังเติบโตเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่มีศักยภาพสูง หรือสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก ในขณะที่ป่าไม้สมบูรณ์ที่มีอายุมากๆ มีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใกล้เคียงกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรืออาจกล่าวได้ว่ามีการหมุนเวียนคาร์บอนอยู่ในภาวะสมดุล (Carbon neutral) หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอน

ปริมาณคาร์บอน (Carbon content) ที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และราก มีการแปรผันระหว่างชนิดของพรรณไม้ไม่มากนัก IPCC (2006) จึงได้กำหนดให้ค่า Default value ของปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพมีค่าร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณคาร์บอนในลำต้นของพรรณไม้ชนิดต่างๆ มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 48 ของน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ปริมาณคาร์บอนในกิ่ง ใบ และราก มีการแปร

ผันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะปริมาณคาร์บอนในใบมีการแปรผันระหว่างชนิดของพรรณไม้มากกว่าส่วนอื่นๆ ทั้งนี้ สามารถสรุปเป็นปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของชนิด/กลุ่มของพรรณไม้ได้ดังตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** ปริมาณคาร์บอนของพรรณไม้ชนิดต่างๆ

| ชนิด/กลุ่มพรรณไม้ | ปริมาณคาร์บอน (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ลำต้น | กิ่ง | ใบ | ราก | เฉลี่ย |
| สัก | 48.10 | 46.22 | 47.01 | 46.07 | 48.13 |
| ยูคาลิปตัส | 48.24 | 49.46 | 52.30 | 49.19 | 49.88 |
| อะคาเซีย | 48.09 | 46.13 | 49.45 | 46.51 | 47.66 |
| กระถินยักษ์ | 48.19 | 47.24 | 50.37 | 49.19 | 48.75 |
| โกงกาง | 47.57 | 47.49 | 46.41 | na | 47.15 |
| **พืชเกษตร** | | | | | |
| ยางพารา | 48.01 | 50.55 | 52.77 | 47.88 | 49.90 |
| ปาล์มน้ำมัน | 41.30 | 43.00 | 42.00 | 39.40 | 41.30 |
| พรรณไม้พื้นเมืองโตช้า พรรณไม้อเนกประสงค์ และพรรณไม้ปลูกในเมือง | 48.72 | 47.28 | 47.39 | 45.92 | 47.33 |

**ที่มา:** คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้ (2554)

จากการศึกษาศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ 3 ชนิด ที่ปลูกอยู่แล้วในบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้แก่ ไม้สักอายุ 22 ปี ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 23 ปี และไม้ยางพาราอายุ 23 ปี ทำการศึกษาโดยวางแปลงตัวอย่างขนาด 40 เมตร x 40 เมตร ชนิดละ 1 แปลง และวัดมิติต่างๆ ของต้นไม้เพื่อนำไปประมาณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดิน ด้วยวิธี Stratified clip technique พร้อมกันนี้ได้เก็บตัวอย่างส่วนต่างๆ ของต้นไม้เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของคาร์บอนสำหรับประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ พบว่า ไม้ยางพารามีการเติบโตมวลชีวภาพรวมสูงสุด รองลงมาคือ ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส และไม้สักตามลำดับ โดยมีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 150.98, 118.32 และ 27.46 ตัน/เฮกตาร์ และมีมวลชีวภาพใต้พื้นดินคิดเป็นร้อยละ 33, 44 และ 43 ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของคาร์บอนในมวลชีวภาพมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระหว่างชนิดไม้และส่วนต่างๆของต้นไม้ โดยความเข้มข้นของคาร์บอนเฉลี่ยในมวลชีวภาพของไม้ยางพารามีค่าสูงสุด รองลงมา คือ ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส และไม้สัก ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 49.90, 48.95 และ 46.60 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าไม้ยางพารามีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพสูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส และไม้สัก โดยมีการกักเก็บคาร์บอนรวมเท่ากับ 73.21, 56.97 และ 12.86 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ทั้งนี้ความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนเป็นผลมาจากความแตกต่างของมวลชีวภาพมากกว่าความเข้มข้นของคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ (ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ และคณะ, 2553)

### 2.3.2 การประเมินปริมาณคาร์บอนในพืช

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนสามารถคำนวณได้จากผลรวมของปริมาณคาร์บอนในแต่ละส่วนของพืช ซึ่งปริมาณคาร์บอนมาจากผลคูณของมวลชีวภาพกับความเข้มข้นของคาร์บอนในแต่ละส่วนนั้นๆ ตามสูตรการคำนวณ (สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, 2550) ดังนี้

$$C = \%OC \times Biomass$$

โดยที่ C = ปริมาณคาร์บอนในพืช (กิโลกรัมต่อไร่)

%OC = ความเข้มข้นของคาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)

Biomass = มวลชีวภาพของพืช (กิโลกรัมต่อไร่)

### 2.3.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บคาร์บอนในพืช

ปัจจัยหลัก คือ ใบของพืช โดยใบมีบทบาทในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้อง คือ ปริมาณน้ำที่พืชดูดขึ้นมา นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ ลักษณะโครงสร้างป่า และชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ด้วย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนที่สะสมนั้นมีความแตกต่างกัน

### 2.3.4 การกักเก็บคาร์บอนในปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีอายุยืนนานอาจอยู่ได้เป็นร้อยปี จึงมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนเช่นเดียวกับไม้ป่า และเนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้นในปัจจุบัน ในหลายๆ ประเทศจึงได้กำหนดให้ปาล์มน้ำมันเป็นพรรณไม้ที่สามารถดำเนินการภายใต้โครงการ CDM ภาคป่าไม้ แต่ในประเทศไทยยังขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน เนื่องจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมามักเน้นในเรื่องของผลผลิตในรูปของผลเพื่อน้ำมัน ไม่ได้ให้ความสนใจในเรื่องของผลผลิตในรูปมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ในต้นปาล์ม ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศอินโดนีเซีย พบว่า ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของปาล์มน้ำมันที่ปลูกมีเพียงร้อยละ 39.4-43.0 ของน้ำหนักแห้ง และสำหรับในใบของปาล์มน้ำมันจะมีปริมาณคาร์บอนเป็นร้อยละ 42 ของน้ำหนักแห้งเท่านั้น (ตารางที่ 2.1)

จากรายงานความก้าวหน้าของสุรกิตติ ศรีกุล และคณะ (2555) ที่ได้ทำการศึกษาในเรื่องมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในปาล์มน้ำมัน ที่ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ในต้นกล้าอายุ 1 ปี ต้นปาล์มน้ำมันอายุ 5 และ 12 ปี ทำการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน (Carbon content) ด้วยวิธี Dumus method โดยใช้เครื่อง CN analyzer (Perkin Elmer รุ่น CHNS/O 2400 series II) ปริมาณคาร์บอนในตัวอย่างที่วัดได้มีหน่วยเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง (Percent carbon by dry weight) ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอน จากการศึกษาพบว่าปาล์มน้ำมันอายุ 12 ปี มีการกักเก็บคาร์บอนได้สูงสุด รองลงมาคือปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี และกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 1 ปี ตามลำดับ โดยปาล์มน้ำมันอายุ 12 ปี มีการกักเก็บคาร์บอนรวม 5,942

กิโลกรัมต่อไร่ ปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี และกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 1 ปี มีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 1,947 และ 350 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการกักเก็บคาร์บอนของปาล์มน้ำมันนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณมวลชีวภาพมากกว่าความเข้มข้นของคาร์บอนที่อยู่ในมวลชีวภาพ กล่าวคือ ถ้าปาล์มน้ำมันมีมวลชีวภาพมากก็สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณมากเช่นกัน

Henson (1999) ได้ศึกษาค่าชี้วัดทางสรีรวิทยาบางประการของปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับป่าดิบชื้น พบการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ (ค่า Gross assimilation) ของสวนปาล์มมีค่าใกล้เคียงกับป่าดิบชื้น (25.76 และ 26.16 ตัน $CO_2$/ไร่/ปี) แต่การคายคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจ พบว่า ในปาล์มมีค่าน้อยกว่า ทำให้มีการสะสมคาร์บอนของสวนปาล์มสูงกว่าป่าดิบชื้น โดยในสวนปาล์มมีค่าการสะสมคาร์บอน เท่ากับ 10.32 ตัน $CO_2$/ไร่/ปี ดังตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.1** เปรียบเทียบค่าชี้วัดทางสรีระวิทยาบางประการระหว่างสวนปาล์มน้ำมันกับป่าดิบชื้น

| ค่าชี้วัดทางสรีระวิทยา | สวนปาล์มน้ำมัน | ป่าดิบชื้น |
|---|---|---|
| Gross assimilation (t $CO_2$/rai/yr) | 25.76 | 26.16 |
| Total respiration (t $CO_2$/rai/yr) | 15.44 | 19.38 |
| Net assmilation (t $CO_2$/rai/yr) | 10.32 | 6.78 |
| Leaf area index | 5.6 | 7.3 |
| Photosynthetic efficiency (%) | 3.18 | 1.73 |
| Radiation conversion efficiency (g/M) | 1.68 | 0.86 |
| Standing biomass (t/rai) | 16 | 68.96 |
| Biomass increment (t/yr) | 8.3 | 5.8 |
| Dry matter productivity (t/yr) | 36.5 | 25.7 |

**ที่มา:** Henson (1999)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า ปาล์มน้ำมันใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มากกว่าคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น ปาล์มน้ำมันจึงช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศได้ ซึ่งน่าจะเป็นการช่วยชะลอการเกิดสภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง ทั้งนี้ ถึงแม้ว่าปาล์มน้ำมันเองไม่ได้ทำให้โลกร้อน แต่การใช้ดินในบางประเภทเพื่อปลูกปาล์มน้ำมันนั้นมีผลทำให้โลกร้อนได้ จากการศึกษาของโครงการการผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มเพื่อพลังงานชีวภาพอย่างยั่งยืน (โครงการความร่วมมือระหว่างสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กับองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศเยอรมัน (GIZ)) ถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 6 ประเภท ได้แก่ ป่าไม้, สวนผลไม้, นาข้าว, สวนยางพารา, พืชไร่ และพื้นที่

ไม่ได้ใช้สอย มาปลูกปาล์มน้ำมัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556) พบว่า

- การเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าเป็นสวนปาล์มน้ำมัน ทำให้เพิ่มการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3.91 ตัน $CO_2$/ไร่/ปี

- การเปลี่ยนจากพื้นที่สวนผลไม้เป็นสวนปาล์มน้ำมัน ไม่ทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปลี่ยนแปลง

- การเปลี่ยนจากพื้นที่นาข้าวเป็นสวนปาล์มน้ำมัน จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.29 ตัน $CO_2$/ไร่/ปี

- การเปลี่ยนจากพื้นที่สวนยางพาราเป็นสวนปาล์มน้ำมัน จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.35 ตัน $CO_2$/ไร่/ปี

- การเปลี่ยนจากพื้นที่ปลูกพืชไร่เป็นสวนปาล์มน้ำมัน จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.43 ตัน $CO_2$/ไร่/ปี

- การเปลี่ยนจากพื้นที่ไม่ได้ใช้สอยเป็นสวนปาล์มน้ำมัน จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.48 ตัน $CO_2$/ไร่/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

## 3.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

พื้นที่ศึกษาวิจัย ได้แก่ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ตั้งอยู่หมู่ที่ 4 ตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

## 3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

### 3.2.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยทั้งในและต่างประเทศ

### 3.2.2 สำรวจพื้นที่สวนปาล์ม

ทำการสำรวจพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันบริเวณศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี เพื่อคัดเลือกต้นปาล์มน้ำมันที่เป็นตัวแทนของช่วงระยะการเติบโตต่างๆ

### 3.2.3 กำหนดพื้นที่และต้นปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการตรวจวัด

3.2.3.1 คัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการเป็นตัวแทนของการศึกษา

3.2.3.2 คัดเลือกตัวแทนของต้นปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ที่เป็นตัวแทนของต้นปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี โดยแต่ละช่วงอายุใช้ต้นปาล์มน้ำมันจำนวน 9 ต้น และในการคัดเลือกต้นตัวแทนนั้นจะมีเกณฑ์การคัดเลือก ดังนี้

- ประวัติการใช้ที่ดิน
- การใส่ปุ๋ย หรือการให้ธาตุอาหารแก่ต้นปาล์มน้ำมัน
- ลักษณะต้นปาล์มที่สมบูรณ์ ไม่เป็นโรค และไม่อยู่ใกล้กับบริเวณต้นปาล์มตายหรือไม่อยู่ใกล้น้ำ
- เป็นตัวแทนของต้นปาล์มน้ำมันในแต่ละช่วงอายุในพื้นที่เดียวกัน
- ผลผลิต และการเติบโต ของปาล์มน้ำมันในแต่ละช่วงอายุไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**3.2.4 เตรียมวัสดุอุปกรณ์**

จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการศึกษาวิจัย ดังนี้

3.2.4.1 การสำรวจข้อมูลพื้นฐานของปาล์มน้ำมัน

- แผนที่แปลง
- ดินสอ / ปากกาเคมี
- สมุดบันทึก
- ป้ายชื่อสำหรับติดต้นปาล์ม

3.2.4.2 เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (รุ่น LI-COR 6400)

- ตัวเครื่อง (Console)
- ท่ออากาศ
- Soda lime
- ขาตั้งกล้อง
- หัววัด (Leaf chamber)
- แบตเตอรี่
- สารดูดความชื้น (Drierite)
- ถังควบคุมอากาศ

3.2.4.3 การเก็บตัวอย่างใบ

- เสียมหรือเคียวสำหรับตัดทางใบ
- ถุงใส่ตัวอย่างใบ
- ปากกาเคมีสังเคราะห์แบบถาวร
- ผ้าสะอาด
- กรรไกรสำหรับตัดทางใบย่อย
- ป้ายชื่อ
- น้ำสะอาด

**3.2.5 เก็บข้อมูลภาคสนาม**

3.2.5.1 ดำเนินการวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งตรงกับช่วงฤดูฝนของทางภาคใต้

3.2.5.2 วัดการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงระบบเปิด (รุ่น LI-COR 6400 บริษัท LICOR ประเทศสหรัฐอเมริกา) ในบริเวณใบย่อยกลางใบ (ปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกวัดใบที่ 3, ระยะอนุบาลหลักวัดใบที่ 9 และอายุ 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี วัดใบที่ 17) ของปาล์มน้ำมันต้นที่เป็นตัวแทน ทั้งนี้ ได้มีการการทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการวัดอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันตั้งแต่เวลา 07.00 – 18.00 น. พบว่า ในช่วงเวลา 09.00 – 10.00 น. เป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด และยังมีการเปิดปากใบได้ดีในช่วงเวลานี้ ดังนั้น จึงกำหนดช่วงเวลาในการวัดเป็น 08.00 – 12.00 น. เพื่อให้ครอบคลุมช่วงเวลาที่ปาล์มน้ำมันจะมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีที่สุด โดยให้แต่ละใบได้รับแสงนาน 3 นาที แล้วจึงทำการบันทึกค่า

3.2.5.3 ตั้งค่าเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงระบบเปิดก่อนการตรวจวัด ดังนี้

- ใช้หัววัดแบบ Leaf chamber (6400-02 Red LED) ซึ่งเป็นหัววัดที่มีอุปกรณ์เสริมให้แสง ซึ่งได้มีการทดสอบเบื้องต้นสำหรับช่วงความเข้มแสงที่เหมาะสมมาแล้ว จึงกำหนดให้ค่าความเข้มข้นแสงของปาล์มน้ำมันแต่ละระยะการเติบโตเป็นดังนี้

1) อนุบาลแรก ให้ค่าความเข้มแสง 400 - 700 µmol PPF $m^{-2}$ $s^{-1}$

2) อนุบาลหลัก ให้ค่าความเข้มแสง 700 – 1,000 µmol PPF $m^{-2}$ $s^{-1}$

3) อายุ 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี ให้ค่าความเข้มแสง 700 – 1,200 µmol PPF $m^{-2}$ $s^{-1}$

- ปรับอุณหภูมิใบให้คงที่ที่ 28 °C

- ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงประมาณ 75 – 80 %

3.2.5.4 เมื่อวัดการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เสร็จแล้ว ทำการเก็บตัวอย่างใบของปาล์มน้ำมันแต่ละระยะการเติบโต ได้แก่ ระยะอนุบาลแรกเก็บใบที่ 3, ระยะอนุบาลหลักเก็บใบที่ 9 และอายุ 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี เก็บใบที่ 17 เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่าง (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2554) ดังนี้

- การตัดใบย่อยบริเวณตรงกลางทางใบ ซึ่งวัดจากจุดเปลี่ยนของสันแกนทางใบไปทางโคนทางใบประมาณ 30 – 40 เซนติเมตร

- เก็บจำนวน 6 – 8 ใบย่อยของแต่ละด้าน

- ตัดส่วนโคนและปลายทั้ง 2 ข้างของใบย่อยออก ให้เหลือตรงกลาง 20 – 30 เซนติเมตร

- นำใบย่อยที่ตัดมาใส่ในถุงพลาสติก และเขียนป้ายบ่งบอกต้นตัวแทนแต่ละต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์หาอินทรีย์คาร์บอน

- วัดความกว้างของหน้าตัดแกนทาง ซึ่งจะนำไปหาพื้นที่แกนทางที่มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับน้ำหนักแห้งของใบ น้ำหนักแห้งของลำต้นปาล์มน้ำมันทั้งหมด และการสะสมน้ำหนักแห้ง โดยการคำนวณพื้นที่หน้าตัดแกนทางจากสูตร (Corley and Breure, 1981) ดังนี้

พื้นที่หน้าตัดแกนทาง = ความกว้าง x ความลึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

### 3.2.6 การศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ

ทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ได้แก่ หาพื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index) น้ำหนักแห้งของใบปาล์มน้ำมัน และปริมาณคาร์บอนในใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.2.6.1 พื้นที่ใบ (Leaf area)

- ใช้ทางใบที่ 17
- นับจำนวนใบย่อย (Leaflet; n) ด้านใดด้านหนึ่งของก้านทางใบรวมทั้งใบที่โคนทาง (มีลักษณะคล้ายหนาม) และปลายทางใบ (ใช้ก้านใบย่อยเป็นหลัก)
- ตัดทางใบย่อยที่สมบูรณ์และไม่ถูกทำลายในแต่ละด้าน ด้านละ 3 ใบ (รวม 6 ใบ)
- วัดความกว้างทางใบของกึ่งกลางใบย่อยแต่ละทางใบ (w) และความยาวใบย่อย (l) ทั้ง 6 ใบ นำค่า w x l ทั้ง 6 ใบมาหาค่าเฉลี่ย (b)
- คำนวณพื้นที่ใบสัมพัทธ์ (Relative leave area) (Corley and Breure, 1981)

$$\text{พื้นที่ใบสัมพัทธ์ (rla)} = 2n \times b$$

b คือ ค่าเฉลี่ยของความกว้างใบย่อย (w) x ค่าเฉลี่ยความยาวใบย่อย (l)

a คือ จำนวนใบย่อย 1 ด้านของก้านทางพื้นที่ใบจริง (a) คำนวณจาก พื้นที่ใบสัมพัทธ์ x 0.55

#### 3.2.6.2 ดัชนีพื้นที่ใบ

- ดัชนีพื้นที่ใบเป็นอัตราส่วนของพื้นที่ใบทั้งหมดต่อต้น (A; หน่วยเป็นตารางเมตร) (Corley and Breure, 1981)

$$A = rla \times g$$

โดยที่ rla = ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบสัมพัทธ์

g = จำนวนทางใบทั้งหมด

- พื้นที่ใบทั้งหมดต่อพื้นที่ (LA; ไร่, เฮกตาร์) (Corley and Breure, 1981)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$LA = A \times D$$

โดยที่ A = พื้นที่ใบทั้งหมดต่อต้น

D = จำนวนต้นต่อพื้นที่

- ดัชนีพื้นที่ใบ (L) (Corley and Breure, 1981)

$$L = A \times D / 1{,}600 \text{ (ต่อไร่)}$$

$$L = A \times D / 10{,}000 \text{ (ต่อเฮกตาร์)}$$

**3.2.6.3 น้ำหนักแห้งของใบปาล์มน้ำมัน**

- คำนวณค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของใบปาล์มน้ำมัน (w) จากสูตร (Corley and Breure, 1981)

$$w = 0.102p + 0.206$$

โดยที่ p = พื้นที่หน้าตัดแกนทาง

- น้ำหนักแห้งรวมของใบทั้งหมด (Corley and Breure, 1981)

น้ำหนักแห้งรวมของใบทั้งหมด = g x w

โดยที่ g = จำนวนทางใบทั้งหมด

**3.2.6.4 การกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมัน**

1) วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในใบปาล์มน้ำมัน โดยนำตัวอย่างใบที่เก็บจากภาคสนาม (ข้อ 3.2.5.4) ทุกระยะการเติบโต (อนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี) มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธี Walkley – Black Method

2) ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมัน โดยนำการวิเคราะห์คาร์บอนในใบปาล์มน้ำมันคูณกับน้ำหนักแห้งของใบปาล์มน้ำมันจากข้อ 3.2.6.3 ตามสูตรการคำนวณ (สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, 2550) ดังนี้

$$C = \%OC \times Biomass$$

โดยที่ C = ปริมาณคาร์บอนในพืช (กิโลกรัมต่อไร่)

%OC = ความเข้มข้นของคาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)

Biomass = มวลชีวภาพของพืช (กิโลกรัมต่อไร่)

### 3.2.6.5 วิเคราะห์การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

การวิเคราะห์การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันจากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงระบบเปิด (รุ่น LI-COR 6400 บริษัท LICOR ประเทศสหรัฐอเมริกา) ในสมการ non - rectangular hyperbola (Johnson et al, 1989) ดังนี้

$$A = \frac{I}{2\theta}\left(\alpha I + P_m - \sqrt{(\alpha I + P_m)^2 - 4\theta\alpha I P_m}\right) - R_d$$

โดยที่ $P_m$ = อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (μmol $m^{-2} s^{-1}$)

I = ความเข้มแสง (μmol $m^{-2} s^{-1}$)

$P_{max}$ = อัตราสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุด (μmol $m^{-2} s^{-1}$)

$R_d$ = อัตราหายใจ (μmol $m^{-2} s^{-1}$)

$\alpha$ (quantum efficiency) = ประสิทธิภาพการใช้แสง

$\theta$ (convexity parameter) = ความต้านทานทางฟิสิกส์ต่อความต้านทานทั้งหมดของใบ

### 3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

#### 3.2.7.1 Regression Analysis

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงระยะการเติบโตต่างๆ กับปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อประเมินการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ12 ปี ต่อไปจนกระทั่งถึงช่วงอายุ 25 ปี ซึ่งกำหนดเป็นหนึ่งช่วงชีวิตการเติบโตของปาล์มน้ำมัน โดยวิเคราะห์จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

#### 3.2.7.2 วิเคราะห์ทางสถิติด้วย f-test

วิเคราะห์ข้อมูลการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นปาล์มน้ำมันแต่ละระยะการเติบโตด้วย f-test

# บทที่ 4

# ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช สามารถทำได้โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยพืชจะดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศเข้ามาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ จึงช่วยลดปัญหาโลกร้อนได้วิธีหนึ่ง ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชที่ช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ดี เนื่องจากมีดัชนีพื้นที่ใบสูง และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง เมื่อเทียบกับพืชในป่าเขตร้อนชื้น (IOPRI, 2554) การศึกษาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรกจนถึงระยะให้ผลผลิตสูงสุด (12 ปี) เพื่อบ่งบอกถึงศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นปาล์มน้ำมันในช่วงเวลาที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า (25 ปี) โดยจะใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงระบบเปิด (รุ่น LI-COR 6400 บริษัท LICOR ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัดปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ และวิเคราะห์หาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี จำนวนช่วงอายุละ 9 ต้น ในพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 ซึ่งได้ทำการศึกษาที่ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลการศึกษามีดังนี้

## 4.1 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

การวัดการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมัน สามารถทำได้โดยใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงระบบเปิด (รุ่น LI-COR 6400 บริษัท LICOR ประเทศสหรัฐอเมริกา) ในการวัด ในบริเวณใบย่อยกลางใบ (ใบที่ 17) ของปาล์มน้ำมันต้นที่เป็นตัวแทน จากการศึกษา พบว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันจำนวนทั้ง 9 ต้น ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีค่าอยู่ระหว่าง 7.01 - 10.38, 8.16 - 11.42, 10.58 - 15.23, 10.25 - 18.36, 12.50 - 19.12, 25.70 - 31.64 และ 28.36 - 36.53 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

การศึกษาอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมัน พบว่า อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มมากขึ้นตามอายุของปาล์มน้ำมันที่มากขึ้น โดยในช่วงอายุ 12 ปี จะมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด รองลงมา คือ อายุ 9 ปี, 7 ปี, 5 ปี, 3 ปี, อนุบาลหลัก และอนุบาลแรก ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (F-value = 0.000) ทั้งนี้ อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 7 ปี - 12 ปี ดังแสดงในตารางที่ 4.1

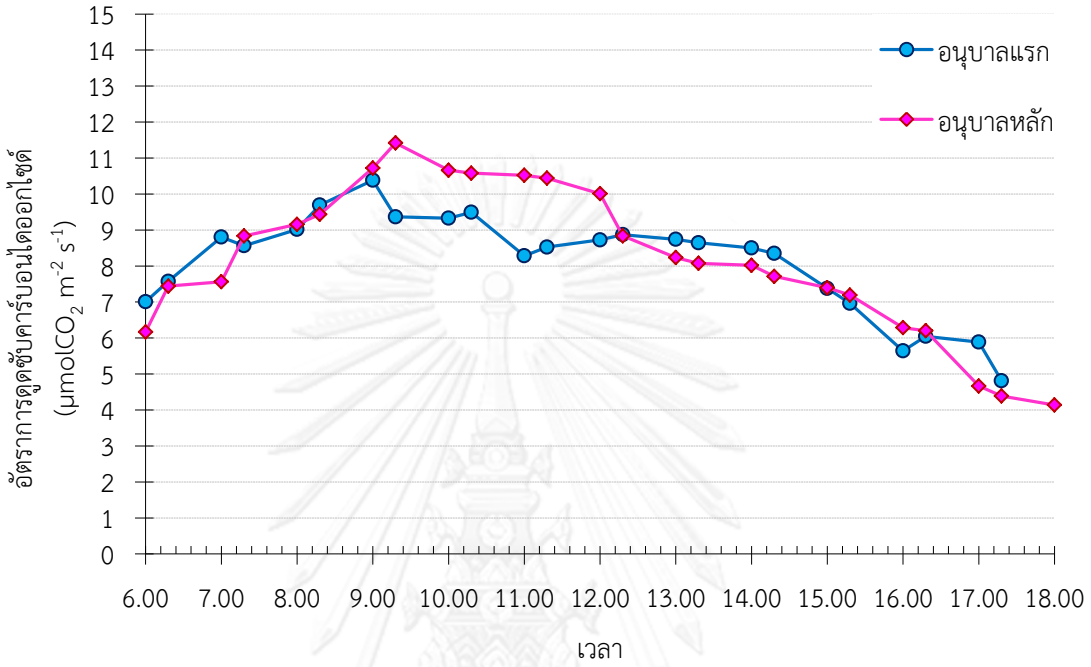
**ตารางที่ 4.1** อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

| อายุ | จำนวนต้น | อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$) | SD |
|---|---|---|---|
| อนุบาลแรก | 9 | 7.01 - 10.38 | 0.97 |
| อนุบาลหลัก | 9 | 8.16 - 11.42 | 1.15 |
| อายุ 3 ปี | 9 | 10.58 - 15.23 | 1.62 |
| อายุ 5 ปี | 9 | 10.25 - 18.36 | 2.90 |
| อายุ 7 ปี | 9 | 12.50 - 19.12 | 2.31 |
| อายุ 9 ปี | 9 | 25.70 - 31.64 | 1.90 |
| อายุ 12 ปี | 9 | 28.36 - 36.53 | 2.48 |
| **รวม** | **63** | **95.55 - 132.31** | |
| **P-value** | | **0.000** | |

เนื่องจากในช่วงอายุ 7 – 12 ปี เป็นระยะที่ปาล์มน้ำมันมีการพัฒนาทรงพุ่ม ซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มมีการทับซ้อน และมีการบังแสงกันเองในระหว่างใบปาล์มด้วยกัน แม้ว่าอัตราการเจริญเติบโตทางลำต้นจะค่อนข้างคงที่ แต่เป็นช่วงที่ให้ผลผลิตทะลายสดสูงสุด และเมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุ 12 ปี เป็นต้นไป จะเป็นช่วงที่ความสูงของต้นปาล์มเพิ่มขึ้นค่อนข้างเร็ว เพราะทางใบของปาล์มน้ำมันซ้อนทับกันมาก จึงมีการแก่งแย่งแสงซึ่งกันและกันในระหว่างต้นปาล์มมาก (เกริกชัย ธนรักษ์, 2554) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ปาล์มน้ำมันมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงสำหรับเพิ่มพูนการสะสมมวลชีวภาพทั้งในส่วนของลำต้นและการให้ผลผลิต

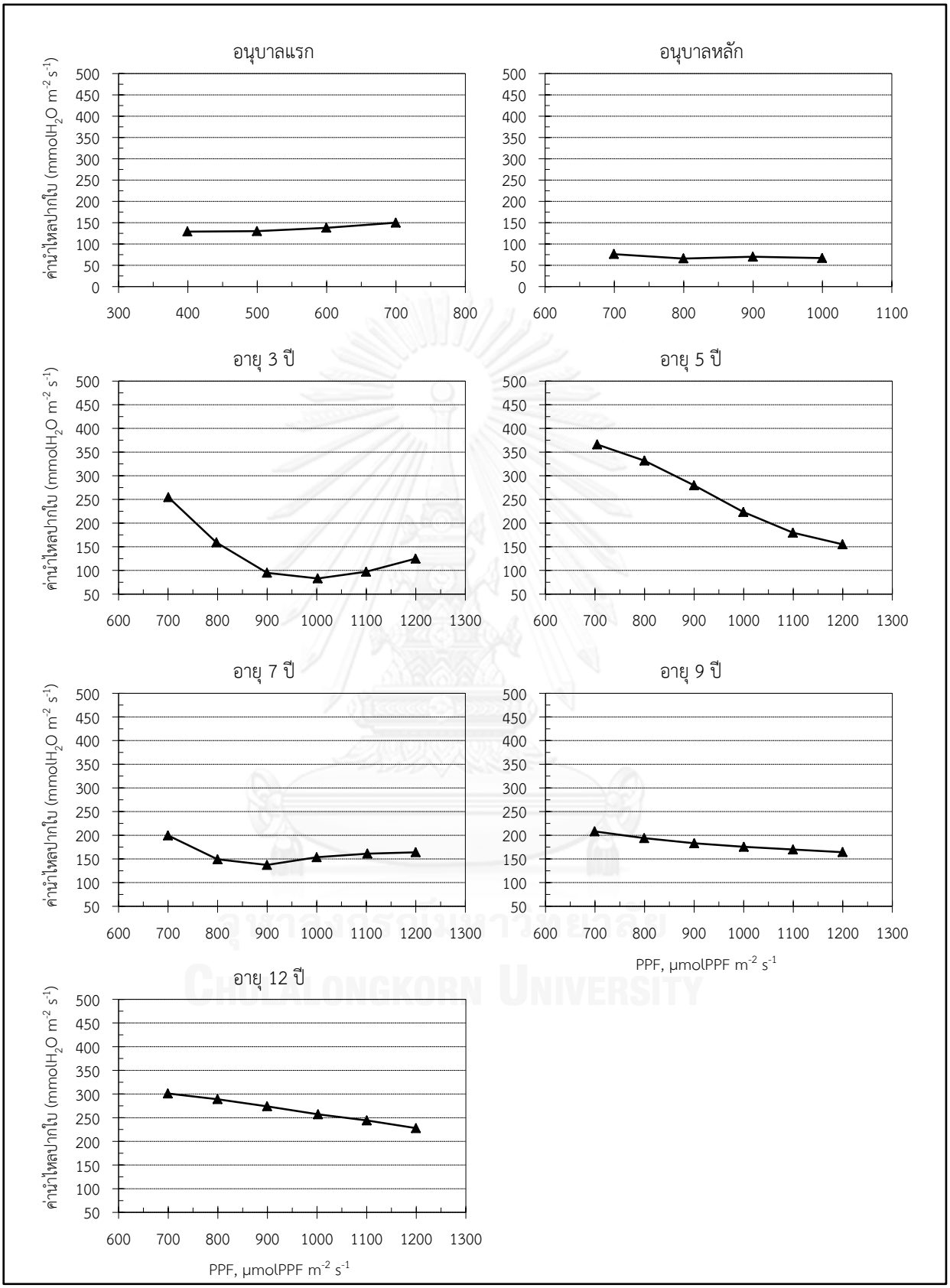
การกำหนดช่วงเวลาในการวัดอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันที่เป็นตัวแทนในระยะการเติบโตต่างๆ ได้มีการทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวัดอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันที่ดีที่สุดในรอบวัน ซึ่งได้มีการทดสอบเบื้องต้นตั้งแต่เวลา 07.00 – 18.00 น. ดังที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 พบว่า ปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก และอนุบาลหลักมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด ในช่วงเวลา 09.00 – 10.00 น. (รูปที่ 4.1) ซึ่งมีความสอดคล้องกันกับกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 อายุ 12 เดือน (ระยะอนุบาลหลัก) ที่ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุดเวลา 10.00 น. จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลง และมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเวลา 18.00 น. (วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน สุจิตรา พรหมเชื้อ และวราวุธ ชูธรรมธัช, 2544) นอกจากนี้ได้มีการตรวจวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันของปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 อายุ 2 ปี, 3 ปี และ 5 ปี พบว่า ปาล์มน้ำมันมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุดในช่วงเวลา 9.00 – 10.00 น. (วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน สุจิตรา พรหมเชื้อ และเพ็ญศิริ จำรัสฉาย, 2544)

ดังนั้น จึงได้กำหนดช่วงเวลาในการวัดอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันระยะการเติบโตต่างๆ เป็นช่วง 08.00 – 12.00 น. เพื่อให้ครอบคลุมช่วงเวลาที่ปาล์มน้ำมันมีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามามากที่สุด




**รูปที่ 4.1** อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในรอบวันของปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก และอนุบาลหลัก

จากการศึกษาช่วงเวลาที่ปาล์มน้ำมันมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด พบว่าปาล์มน้ำมันในการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00 น. – 10.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันมีการเปิดปากใบสูง โดยการเปิด – ปิดปากใบมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ หากมีการเปิดปากใบสูงอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะสูงตาม โดยหลังจากเวลา 10.00 น. ไปแล้ว การเปิดปากใบจะลดลง เพราะการเปิดหรือปิดปากใบนั้นถูกควบคุมด้วยปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญ คือ อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เกิดการขาดน้ำ และส่วนใหญ่จะสูญเสียในรูปของไอน้ำออกทางปากใบ ดังนั้น พืชจะลดการสูญเสียน้ำด้วยการลดการเปิดปากใบลง จึงส่งผลต่ออัตราการการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เข้ามาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงตามไปด้วย (Hong and Corley, 1976) นอกจากนี้ยังมีตัวแปรที่บ่งบอกถึงการเปิด – ปิดของปากใบ ได้แก่ ค่านำไหลปากใบ ($g_s$) จากการวัดอัตราการการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 129.04 - 149.80, 65.71 - 76.14, 83.11 - 254.73, 155.07 - 366.02, 137.30 - 199.57, 164.24 - 208.17 และ 227.84 - 301.04 mmol$H_2O$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ตามลำดับ (รูปที่ 4.2)




**รูปที่ 4.2** ค่านำไหลปากใบเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันในช่วงค่าความเข้มแสงต่างๆ

ซึ่งค่านำไหลปากใบที่ได้นี้มีค่าน้อยกว่าของปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 1 อายุ 4 ปี ในแปลงทดลองศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี และปาล์มน้ำมันอายุ 3 ปี 10 เดือน ในศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดหนองคาย (ยางพารา) ที่มีค่านำไหลปากใบอยู่ในช่วง 276-427 mmol $m^{-2}s^{-1}$ (สุจิตรา พรหมเชื้อ วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน และเพ็ญศิริ จำรัสฉาย, 2544)

ทั้งนี้ สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละฤดูก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเปิด – ปิดปากใบ ซึ่งจะมีผลกระทบค่อนข้างมากในปาล์มน้ำมันอายุน้อย (อายุ 1 – 2 ปี) แต่เมื่อปาล์มน้ำมันอายุมากขึ้น (อายุ 5 ปี ขึ้นไป) พบว่า สามารถทนต่อสภาพอากาศรุนแรงได้มากขึ้น และมีการเปิด – ปิดปากใบในฤดูร้อนไม่ต่างกันกับช่วงฤดูฝน (วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน สุจิตรา พรหมเชื้อ และเพ็ญศิริ จำรัสฉาย, 2544) อย่างไรก็ดี การเปิด – ปิดปากใบของปาล์มน้ำมัน จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการคายน้ำ ซึ่งหากเป็นในช่วงฤดูฝนปาล์มน้ำมันจะมีอัตราการคายน้ำต่ำกว่า จึงทำให้มีการเปิดปากใบสูงกว่าในฤดูร้อน เพื่อให้อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มีประสิทธิภาพสูงสุดของปาล์มน้ำมันทุกระยะการเติบโต ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการวัดในช่วงฤดูฝน เพราะมีการตอบสนองการเปิดปากใบได้ดีกว่าซึ่งในช่วงเวลาที่ศึกษานั้น ซึ่งหากเป็นช่วงฤดูฝน จะพบว่าในบริเวณพื้นที่ศึกษามีปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิลิตร ดังเอกสารแนบในภาคผนวก ก

## 4.2 การกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมัน

การประเมินหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ สามารถคำนวณได้จากผลรวมของปริมาณคาร์บอนในแต่ละส่วนของพืช ซึ่งปริมาณคาร์บอนมาจากผลคูณของมวลชีวภาพกับความเข้มข้นของคาร์บอนในแต่ละส่วนนั้นๆ ผลการศึกษาการเติบโต มวลชีวภาพ และวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียคาร์บอน มีดังนี้

### 4.2.1 การเติบโตของปาล์มน้ำมัน

การเจริญเติบโต และพัฒนาการของปาล์มน้ำมันนับเป็นการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ของต้นปาล์มน้ำมัน ทั้งการเปลี่ยนแปลงขนาดของใบและลำต้น ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่ปาล์มน้ำมันอยู่ในระยะต้นกล้าเมื่อปลูกเมล็ดลงถุงเพาะ จนถึงระยะลงปลูกในแปลง เพื่อนำไปประเมินหาการสะสมมวลชีวภาพของต้นปาล์ม ซึ่งจะบ่งบอกถึงการสะสมปริมาณคาร์บอนในปาล์มน้ำมันแต่ละระยะการเติบโตด้วย ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการวัดการเติบโตของปาล์มน้ำมันที่เป็นต้นตัวแทนในระยะการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี จำนวนช่วงอายุละ 9 ต้น ได้แก่ 1) จำนวนทางใบทั้งหมด 2) ขนาดของใบย่อย (ความกว้าง ความยาว) 3) ความยาวทางใบ 4) ดัชนีพื้นที่ใบ 5) พื้นที่หน้าตัดแกนทาง และ 6) มวลชีวภาพของปาล์มน้ำมัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.2.1.1 จำนวนทางใบทั้งหมด

การนับทางใบของปาล์มน้ำมัน จะวัดในส่วนของจำนวนทางใบทั้งหมด โดยนับชั้นของทางใบต่อมาจนถึงชั้นสุดท้าย แล้วบวกทางที่เหลือที่เป็นส่วนเกินจากชั้นทางใบสุดท้าย จากการศึกษา พบว่า ปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกมีจำนวนทางใบ 5 – 6 ทางใบ/ต้น ปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลหลักมีจำนวนทางใบ 10 – 15 ทางใบ/ต้น ปาล์มน้ำมันอายุ 3 ปี มีจำนวนทางใบ 39 – 57 ทางใบ/ต้น ปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี มีจำนวนทางใบ 39 – 48 ทางใบ/ต้น ปาล์มน้ำมันอายุ 7 ปี มีจำนวนทางใบ 40 – 43 ทางใบ/ต้น ปาล์มน้ำมันอายุ 9 ปี มีจำนวนทางใบ 40 – 56 ทางใบ/ต้น และปาล์มน้ำมันอายุ 12 ปี มีจำนวนทางใบ 32 – 43 ทางใบ/ต้น (ตารางที่ 4.2) ซึ่งจำนวนทางใบจะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุที่มากขึ้นของปาล์มน้ำมัน โดยในช่วงอายุ 3 – 9 ปี ต้นปาล์มน้ำมันสามารถสร้างจำนวนทางใบสูงสุดเฉลี่ย 41.44 – 46.44 ทางใบ/ต้น เนื่องจากเป็นระยะที่ต้นปาล์มมีการพัฒนาทรงพุ่ม ซึ่งปาล์มน้ำมันจะมีการขยายพื้นที่ใบตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งอายุ 7 ปี และในช่วงอายุ 7-12 ปี จะเป็นช่วงที่ทางใบมีการทับซ้อนกัน เมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 12 ปี ต้นปาล์มน้ำมันจะมีอัตราการสร้างทางใบลดลงและคงที่ (เกริกชัย ธนรักษ์, 2554)

เมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้นจะมีอัตราการสร้างทางใบจะลดลงต่อเนื่องตามอายุและจะคงที่ในช่วงอายุ 8 – 12 ปี โดยมีอัตราการสร้างทางใบ 20 – 25 ทางใบ/ปี ซึ่งปาล์มน้ำมันแต่ละต้นควรมีทางใบทั้งหมดประมาณ 40 – 50 ทางใบ ประกอบด้วยใบย่อยประมาณ 250 – 300 ใบ (คู่มือปาล์มน้ำมัน, 2548) ทั้งนี้ ในปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรกจะไม่สามารถนับใบย่อยได้ เนื่องจากลักษณะของทางใบที่เกิดขึ้นนี้ยังคงมีลักษณะเป็นรูปหอก (Lanceolate) ทางใบยังไม่เปลี่ยนเป็นรูปสองแฉก (Bifurcate) และรูปขนนก (Pinnate) (Chinchilla C.M. et al., 1998) โดยใบปาล์มจะคลี่หลังจากเดือนที่ 7 เป็นต้นไป ซึ่งต้นกล้าปาล์มน้ำมันจะเข้าสู่ช่วงระยะอนุบาลหลักแล้ว

**ตารางที่ 4.2** ข้อมูลจำนวนทางใบ และจำนวนใบย่อยของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

| อายุ | จำนวนทางใบ (ทางใบ/ต้น) | จำนวนใบย่อย (ใบ/ทางใบ) |
|---|---|---|
| อนุบาลแรก | 5.22±0.15 | - |
| อนุบาลหลัก | 11.89±0.49 | 45 |
| อายุ 3 ปี | 42.78±1.87 | 279 |
| อายุ 5 ปี | 44.89±0.99 | 325 |
| อายุ 7 ปี | 41.44±0.41 | 332 |
| อายุ 9 ปี | 46.44±1.54 | 360 |
| อายุ 12 ปี | 36.89±1.26 | 352 |
| **รวม** | **32.79±2.03** | **282** |

**หมายเหตุ:** - หมายถึง ลักษณะของใบเป็นรูปหอก ใบย่อยยังไม่คลี่ออกจากกันจึงไม่สามารถวัดขนาดได้

#### 4.2.1.2 ขนาดของใบย่อย

สำหรับขนาดใบย่อยของปาล์มน้ำมันจะใช้ทางใบที่ 17 ของต้นตัวอย่างทั้ง 9 ต้น ในช่วงการเติบโตต่างๆ ซึ่งจะทำการตัดใบที่อยู่บริเวณจากจุดเปลี่ยนของสันแกนทางใบไปทางโคนทางใบประมาณ 30 เซนติเมตร ด้านละ 3 ใบ (รวม 6 ใบย่อย) ออกมาวัดความกว้างและความยาว

จากการศึกษาขนาดใบย่อยของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีขนาดของความกว้างและความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามอายุที่มากขึ้น โดยในช่วงอายุ 12 ปี มีขนาดความกว้างและความยาวใบสูงสุด (กว้าง = 5.55, ยาว = 97.01 เซนติเมตร) รองลงมาได้แก่ อายุ 9 ปี (กว้าง = 4.96, ยาว = 96 เซนติเมตร), อายุ 7 ปี (กว้าง = 5.05, ยาว = 89.39 เซนติเมตร), อายุ 5 ปี (กว้าง = 4.39, ยาว = 89.75 เซนติเมตร), อายุ 3 ปี (กว้าง = 3.45, ยาว = 75.17 เซนติเมตร), อนุบาลหลัก (กว้าง = 2.10, ยาว = 33.99 เซนติเมตร) และอนุบาลแรก (กว้าง = 3.90, ยาว = 19.57 เซนติเมตร) ตามลำดับ

#### 4.2.1.3 ความยาวทางใบ (Rachis length)

การวัดความยาวทางใบ จะเริ่มวัดจากโคนทางใบปาล์มน้ำมันในตำแหน่งใบย่อย (รูปร่างคล้ายหนาม) ล่างสุด จนถึงปลายทางใบ พบว่า ปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีขนาดความยาวทางใบเฉลี่ย 21.10, 91.52, 369.22, 511.22, 512.11, 520.00 และ 618.78 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) ซึ่งปาล์มน้ำมันมีความยาวทางใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะอนุบาลแรก – 5 ปี และการเพิ่มความยาวทางใบจะชะลอตัวลงในช่วงอายุ 7 – 9 ปี โดยปาล์มน้ำมันแต่ละช่วงอายุมีความยาวทางใบแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P-value = 0.000)

นอกจากนี้ปาล์มน้ำมันในช่วงอายุ 12 ปี จะมีความยาวทางใบมากที่สุด กล่าวได้ว่า เมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้นจะมีความยาวทางใบเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว จะมีความยาวทางใบเฉลี่ยประมาณ 6 – 9 เมตร (600 – 900 เซนติเมตร)

**ตารางที่ 4.3** ความยาวทางใบของต้นปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

| อายุ | N | ความยาวทางใบ (เซนติเมตร) | SD |
|---|---|---|---|
| อนุบาลแรก | 9 | 21.12±0.57 | 1.71 |
| อนุบาลหลัก | 9 | 91.52±2.46 | 7.37 |
| อายุ 3 ปี | 9 | 369.22±16.14 | 48.42 |
| อายุ 5 ปี | 9 | 511.22±18.15 | 54.46 |
| อายุ 7 ปี | 9 | 512.11±11.94 | 35.82 |
| อายุ 9 ปี | 9 | 520.00±13.18 | 39.55 |
| อายุ 12 ปี | 9 | 618.78±9.22 | 27.65 |
| **รวม** | **63** | **377.71±27.63** | **219.32** |
| **P-value** | | **0.000** | |

#### 4.2.1.4 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index)

ดัชนีพื้นที่ใบ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวใบต่อพื้นที่ดินใต้เรือนยอดปกคลุมอยู่ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ความสามารถในการให้ผลผลิตของป่า และกระบวนการผลิตของป่าไม้ เนื่องจากมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับผลผลิตสุทธิของต้นไม้ ทั้งนี้ดัชนีพื้นที่ใบขึ้นอยู่กับชนิดพรรณไม้ ความหนาแน่น ขนาดของลำต้น จำนวนใบ ขนาดของใบ อายุ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ (ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546) ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ทางใบที่ 17 ของต้นตัวแทนทั้ง 9 ต้น ของปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี หาค่าดัชนีพื้นที่ใบ จากการศึกษา พบว่า ปาล์มน้ำมันระยะการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.03, 0.08, 3.58, 6.43, 7.72, 7.94 และ 8.99 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) โดยปาล์มน้ำมันในช่วงอายุ 12 ปี มีดัชนีพื้นที่ใบสูงที่สุด รองลงมา คือ ช่วงอายุ 9 ปี และช่วงอายุ 7 ปี ตามลำดับ โดยปาล์มน้ำมันในช่วงอายุ 12 ปี มีดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมา คือ อายุ 9 ปี, 7 ปี, 5 ปี, 3 ปี, อนุบาลหลัก และอนุบาลแรก ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P-value = 0.000)

ดัชนีพื้นที่ใบของปาล์มน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุที่มากขึ้น และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุระหว่างช่วงระยะอนุบาลหลักถึงอายุ 7 ปี ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาดัชนีพื้นที่ใบของปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 อายุ 4 - 5 ปี ที่ปลูกในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีพื้นที่ใบเท่ากับ 7.13 ตารางเมตร (วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน สุจิตรา พรหมเชื้อ และเพ็ญศิริ จำรัสฉาย, 2554) และจากการศึกษาการเติบโตของต้นปาล์มน้ำมันอายุ 1 ปี 5 ปี และ 12 ปี ที่ปลูกในศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี พบว่า ปาล์มน้ำมันมีค่าดัชนีพื้นที่ใบประมาณ 4 – 5 ตารางเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และค่าดัชนีพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นด้วย (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2554) โดยทั่วไปจะพบว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบอยู่ระหว่าง 4 – 7 แต่ถ้าอัตราการปลูกต่อพื้นที่สูง ก็จะส่งผลให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบมีค่าสูงถึง 10 ตารางเมตร (คู่มือปาล์มน้ำมัน, 2548)

**ตารางที่ 4.4** ดัชนีพื้นที่ใบของต้นปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

| อายุ | N | ดัชนีพื้นที่ใบ | SD |
|---|---|---|---|
| อนุบาลแรก | 9 | 0.03±0.00 | 0.01 |
| อนุบาลหลัก | 9 | 0.08±0.01 | 0.02 |
| อายุ 3 ปี | 9 | 3.58±0.26 | 0.79 |
| อายุ 5 ปี | 9 | 6.43±0.44 | 1.32 |
| อายุ 7 ปี | 9 | 7.72±0.42 | 1.26 |
| อายุ 9 ปี | 9 | 7.94±0.38 | 1.14 |
| อายุ 12 ปี | 9 | 8.99±0.49 | 1.46 |
| **รวม** | **63** | **4.97±0.54** | **4.29** |
| **P-value** | | **0.000** | |

#### 4.2.1.5 พื้นที่หน้าตัดแกนทาง (Petiole cross section)

พื้นที่หน้าตัดแกนทางมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับน้ำหนักแห้งของใบ น้ำหนักแห้งของลำต้นปาล์มน้ำมันทั้งหมด และการสะสมน้ำหนักแห้ง โดยสามารถคำนวณพื้นที่หน้าตัดแกนทางได้จากนำความกว้างคูณกับความลึกของหน้าตัดแกนทาง

ในการวัดพื้นที่หน้าตัดแกนทางไม่สามารถวัดได้กับปาล์มน้ำมันในระยะอนุบาลแรก เนื่องจากทางใบมีขนาดเล็ก ยังไม่แยกออกจากลำต้นชัดเจน และไม่มีจุดที่กำหนดระยะในการวัดขนาดได้ เพราะยังไม่มีบริเวณที่เป็นหนามสุดท้าย (spine) ดังนั้น ในการวัดพื้นที่แกนทางจึงวัดได้กับปาล์มน้ำมันที่มีอายุตั้งแต่ระยะอนุบาลหลักเป็นต้นไป ซึ่งจากการศึกษาจะทำการวัดความกว้างและความลึกของบริเวณหน้าตัดแกนทางปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี พบว่า ปาล์มน้ำมันมีความกว้างหน้าตัดแกนทางเฉลี่ยเท่ากับ 1.37, 4.97, 6.32, 6.71, 7.52, 8.11 เซนติเมตร ตามลำดับ และความลึกหน้าตัดแกนทางเฉลี่ยเท่ากับ 0.86, 2.82, 3.36, 3.64, 3.88, 4.13 เซนติเมตร ตามลำดับ

**ตารางที่ 4.5** ความกว้าง และความลึกหน้าตัดแกนทางของต้นปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

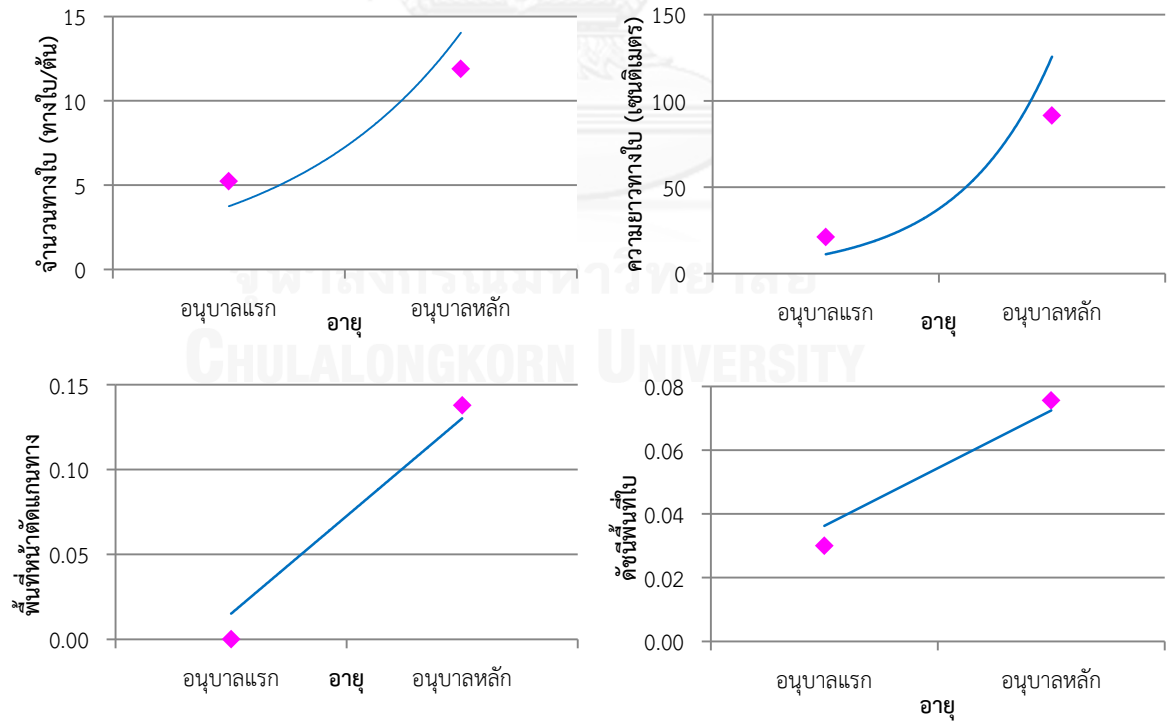
| อายุ | N | พื้นที่หน้าตัดแกนทาง (ตารางเซนติเมตร/ใบ) | SD |
|---|---|---|---|
| อนุบาลหลัก | 9 | 1.17±0.063 | 0.19 |
| อายุ 3 ปี | 9 | 14.14±0.92 | 2.74 |
| อายุ 5 ปี | 9 | 21.34±1.21 | 3.63 |
| อายุ 7 ปี | 9 | 24.61±1.47 | 4.41 |
| อายุ 9 ปี | 9 | 29.23±1.00 | 3.01 |
| อายุ 12 ปี | 9 | 33.54±0.81 | 2.42 |
| **รวม** | **54** | **20.67±1.51** | |
| **P-value** | | **0.000** | |

เมื่อนำมาคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดแกนทางจากสูตรข้างต้น พบว่า ปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีขนาดพื้นที่หน้าตัดแกนทางเท่ากับ 1.17, 14.14, 21.34, 24.61, 29.23 และ 33.54 ตารางเซนติเมตร/ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P-value = 0.000) ในแต่ละระยะการเติบโต กล่าวได้ว่าพื้นที่หน้าตัดแกนทางจะเพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์มน้ำมัน โดยในช่วงอายุ 12 ปี มีพื้นที่หน้าตัดแกนทางสูงที่สุด รองลงมา คือ อายุ 9 ปี และอายุ 7 ปี ตามลำดับ ทั้งนี้ จากการศึกษาข้างต้น พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี และ 12 ปี ที่ปลูกในศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดแกนทางเท่ากับ 21.46 และ 31.05 ตารางเซนติเมตร/ใบ ตามลำดับ (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2554) และปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี และ 7 ปี มีค่าใกล้เคียงกับปาล์มน้ำมัน

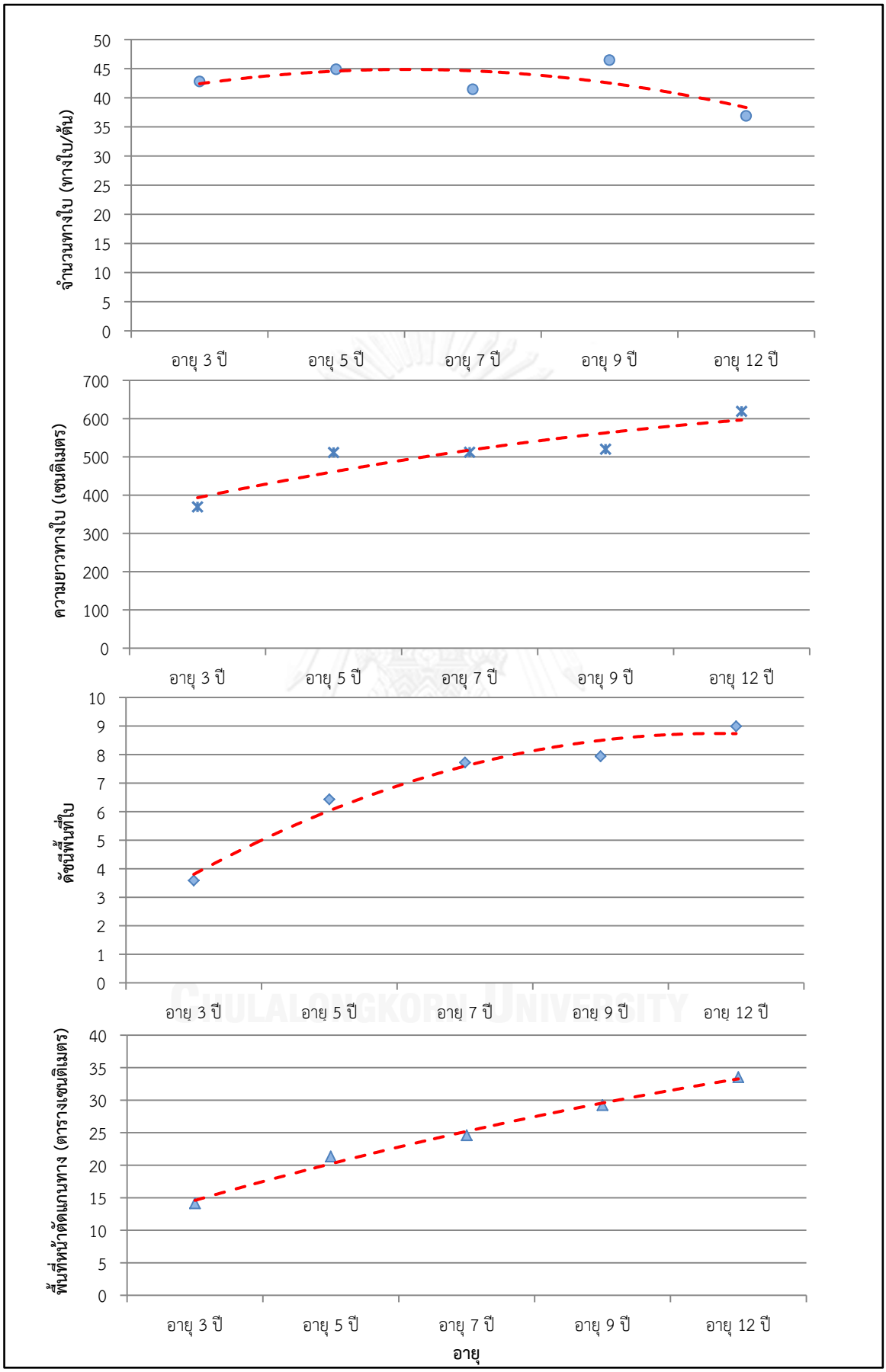
อายุ 5 ปี ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงรายที่มีพื้นที่หน้าตัดแกนทางเฉลี่ย 27.2 ตารางเซนติเมตร (นิพัฒน์ สุขวิบูลย์ และคณะ, 2553)

เมื่อนำผลการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน (จำนวนทางใบ ขนาดของใบย่อย ความยาวทางใบ ดัชนีพื้นที่ใบ และพื้นที่หน้าตัดแกนทาง) ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มาเปรียบเทียบกัน พบว่า การเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.3 - รูปที่ 4.4) จะเห็นได้ชัดว่าเส้นแนวโน้มของกราฟในพารามิเตอร์ต่างๆ เพิ่มขึ้น

เมื่อปาล์มน้ำมันอายุมากขึ้น ยกเว้นจำนวนทางใบ และพื้นที่หน้าตัดแกนทางจะลดลงในช่วงอายุ 12 ปี เพราะปาล์มน้ำมันได้เริ่มเข้าสู่ระยะ mature stage แล้ว จึงทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงและคงที่ในที่สุด ซึ่งขนาดของใบย่อย ความยาวทางใบ และดัชนีพื้นที่ใบก็จะมีการเจริญเติบโตลดลงและคงที่ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 เป็นพันธุ์ลูกผสมเทเนอร่า ที่ได้จากการผสมพันธุ์แม่ดูร่ากับพันธุ์พ่อฟิริเฟอร่า (Deli x La Me) ซึ่งได้ปลูกทดสอบและคัดเลือกพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี ตามโครงการวิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมันแห่งประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2530 ถึง พ.ศ.2542 มีลักษณะเด่น คือ สามารถให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย 3,617 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี มีก้านทะลายยาว ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว และมีอัตราการเจริญเติบโตสม่ำเสมอในแต่ละปีแม้ว่าสภาพแวดล้อมจะไม่เหมาะสมก็ตาม (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2554)




**รูปที่ 4.3** เปรียบเทียบการเติบโตของปาล์มน้ำมันในระยะอนุบาลแรกและอนุบาลหลัก




**รูปที่ 4.4** เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันช่วงอายุ 3 ปี – 12 ปี

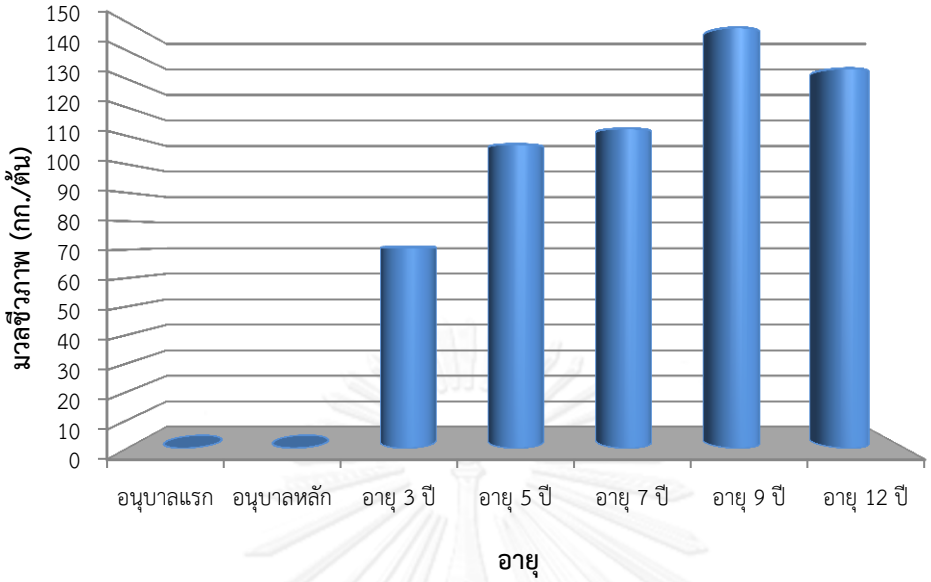
### 4.2.2 มวลชีวภาพของใบปาล์มน้ำมัน

การเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพ (Biomass) เป็นผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยทั่วไปนิยมคำนวณออกมาในรูปน้ำหนักแห้ง วิธีการหาค่ามวลชีวภาพนั้น Kira and Schdei (1967) ได้แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ 1) การชั่งน้ำหนักทั้งหมดโดยการตัดพืชทุกชนิดที่มีอยู่ในพื้นที่ออกทั้งหมด แล้วนำเข้าเตาอบแห้งแล้วจึงทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อหาน้ำหนักแห้ง 2) การชั่งน้ำหนักของตัวอย่างบางส่วน แล้วนำมาหาความสัมพันธ์กับส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า วิธีการทางแอลโลเมตริก (Allometric method) สำหรับในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีที่ 1 ในช่วงระยะอนุบาลแรก และระยะอนุบาลหลัก และใช้วิธีที่ 2 ในช่วงอายุ 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี เนื่องจากในช่วงอายุการเติบโตนี้จะไม่มีการตัดต้นปาล์มออกจากพื้นที่ เพราะปาล์มน้ำมันอยู่ในระยะกำลังให้ผลผลิต

จากการศึกษาพบว่า ปาล์มน้ำมันในช่วงอายุการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 0.002, 0.06, 70.71, 107.17, 112.66, 148.19 และ 133.84 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) ซึ่งปาล์มน้ำมันแต่ละระยะการเติบโตมีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (F-value = 133.9) และเมื่อพิจารณาปาล์มน้ำมันในพื้นที่ 1 ไร่ พบว่า จะมีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยแต่ละระยะการเติบโตเท่ากับ 0.04, 1.26, 1,612.24, 2,443.56, 2,568.68, 3,378.84, 3,051.63 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) ทั้งนี้ มวลชีวภาพในใบปาล์มน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามอายุของปาล์มน้ำมัน (รูปที่ 4.5) ซึ่งปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก – 5 ปี มีการสะสมมวลชีวภาพในใบอย่างรวดเร็ว และในช่วงอายุ 9 ปี เป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันมีการสะสมมวลชีวภาพสูงที่สุด เนื่องจากเป็นระยะที่ต้นปาล์มน้ำมันเติบโตเต็มที่ มีอัตราการสร้างทางใบสูง และมีพื้นที่หน้าตัดแกนทางสูง จึงส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพสูงที่สุด

**ตารางที่ 4.6** ปริมาณมวลชีวภาพของใบปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

| อายุ | N | มวลชีวภาพ (กก./ต้น) | | | SD |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Minimum | Maximum | Mean | |
| อนุบาลแรก | 9 | 0.002 | 0.003 | 0.002±0.00 | 0.00 |
| อนุบาลหลัก | 9 | 0.04 | 0.07 | 0.06±0.00 | 0.01 |
| อายุ 3 ปี | 9 | 49.02 | 99.87 | 70.71±5.34 | 16.03 |
| อายุ 5 ปี | 9 | 73.34 | 143.03 | 107.17±6.41 | 19.24 |
| อายุ 7 ปี | 9 | 91.47 | 147.32 | 112.66±6.52 | 19.57 |
| อายุ 9 ปี | 9 | 118.77 | 174.54 | 148.19±7.00 | 21.01 |
| อายุ 12 ปี | 9 | 111.43 | 166.14 | 133.84±5.68 | 17.04 |
| **รวม** | **63** | **63.44** | **104.43** | **81.81±7.40** | |
| P-value | | | | 0.000 | |




**รูปที่ 4.5** ปริมาณมวลชีวภาพของใบปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

**ตารางที่ 4.7** ปริมาณมวลชีวภาพของใบปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ (กก./ไร่)

| ต้นที่ | มวลชีวภาพ (กก./ไร่) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | อนุบาลแรก | อนุบาลหลัก | 3 ปี | 5 ปี | 7 ปี | 9 ปี | 12 ปี |
| 1 | 0.05 | 1.32 | 2276.99 | 2719.19 | 2282.63 | 3979.42 | 3787.91 |
| 2 | 0.04 | 1.25 | 1789.54 | 2492.65 | 2085.56 | 2862.07 | 3194.62 |
| 3 | 0.05 | 1.12 | 2017.18 | 2035.28 | 2909.75 | 3059.20 | 3414.47 |
| 4 | 0.04 | 0.91 | 1437.61 | 2357.98 | 2971.24 | 3411.58 | 2540.65 |
| 5 | 0.03 | 1.03 | 1631.13 | 2372.32 | 3358.99 | 3025.84 | 2952.69 |
| 6 | 0.06 | 1.46 | 1511.87 | 2533.24 | 2371.98 | 2708.05 | 3029.10 |
| 7 | 0.04 | 1.37 | 1257.88 | 3261.16 | 2163.47 | 3821.31 | 3106.91 |
| 8 | 0.05 | 1.69 | 1117.55 | 2547.98 | 2767.96 | 3657.13 | 2625.69 |
| 9 | 0.04 | 1.21 | 1470.44 | 1672.21 | 2206.49 | 3884.93 | 2812.64 |
| **เฉลี่ย** | **0.04** | **1.26** | **1,612.24** | **2,443.56** | **2,568.68** | **3,378.84** | **3,051.63** |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการศึกษามวลชีวภาพของปาล์มน้ำมันจากประเทศต่างๆ ได้แก่ ไอเวอรี่โคสต์ และมาเลเซีย พบว่า ปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี และ 7 ปี (15.27 และ 16.05 ตัน/เฮกตาร์) มีค่าใกล้เคียงกับปาล์มน้ำมันอายุ 4.5 ปี และอายุ 6.5 ปี ของมาเลเซีย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.7 และ 14.4 ตัน/เฮกตาร์ และในปาล์มน้ำมันอายุ 9 ปี และ 12 ปี (21.12 และ 19.07 ตัน/เฮกตาร์) มีค่าใกล้เคียงกับปาล์มน้ำมันอายุ 10.5 ปี ของประเทศมาเลเซีย และปาล์มน้ำมันอายุ 13 ปี ของประเทศไอเวอรี่โคสต์ ซึ่งมีมวลชีวภาพเท่ากับ 19.7 และ 20 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ แต่มีค่าน้อยกว่ามวลชีวภาพของปาล์มน้ำมันอายุ 8 ปี ของประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งมีปริมาณมวลชีวภาพสูงถึง 25.5 ตัน/เฮกตาร์ อาจเพราะสายพันธุ์ สภาพพื้นดิน และการจัดการสวน เป็นต้น

### 4.2.3 ปริมาณอินทรียคาร์บอนในใบปาล์มน้ำมัน

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในใบปาล์มน้ำมันจะใช้วิธี Walkley – Black Method ซึ่งการเก็บตัวอย่างจะเลือกเก็บทางใบที่ 17 เนื่องจากได้มีการศึกษาปริมาณธาตุอาหารแล้วพบว่า มีความสัมพันธ์กับผลผลิตทะลายสดของปาล์มน้ำมันมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับใบปาล์มที่เก็บจากทางใบอื่นๆ (Corley, 2003) โดยการเก็บตัวอย่างจะใช้ปาล์มน้ำมันที่เป็นต้นตัวแทนจำนวน 9 ต้น ในแต่ละระยะการเติบโต สำหรับการเก็บตัวอย่างจะทำการตัดใบย่อยบริเวณตรงกลางทางใบ ซึ่งวัดจากจุดเปลี่ยนของสันแกนทางใบไปทางโคนทางใบประมาณ 30 – 40 เซนติเมตร จำนวนด้านละ 3 ใบย่อย (รวม 6 ใบย่อย)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในใบปาล์มน้ำมัน พบว่า ปาล์มน้ำมันแต่ละช่วงการเติบโตตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีปริมาณอินทรียคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 54.25 %, 49.76 %, 50.43 %, 52.95 %, 55.36 %, 51.50 %, 54.05 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) ซึ่งปาล์มน้ำมันในแต่ละระยะการเติบโตมีปริมาณอินทรียคาร์บอนในใบแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P-value = 0.001) ดังตารางที่ 4.17

**ตารางที่ 4.8** ปริมาณอินทรียคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

| อายุ | N | อินทรียคาร์บอน (%) | SD |
|---|---|---|---|
| อนุบาลแรก | 9 | 54.25±0.70 | 2.10 |
| อนุบาลหลัก | 9 | 49.75±0.19 | 0.56 |
| อายุ 3 ปี | 9 | 50.43±0.47 | 1.40 |
| อายุ 5 ปี | 9 | 52.95±0.38 | 1.13 |
| อายุ 7 ปี | 9 | 55.36±2.40 | 7.21 |
| อายุ 9 ปี | 9 | 51.50±0.42 | 1.26 |
| อายุ 12 ปี | 9 | 54.05±0.60 | 1.80 |
| **รวม** | **63** | **52.61±0.44** | |
| **P-value** | | **0.001** | |

### 4.2.4 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมัน

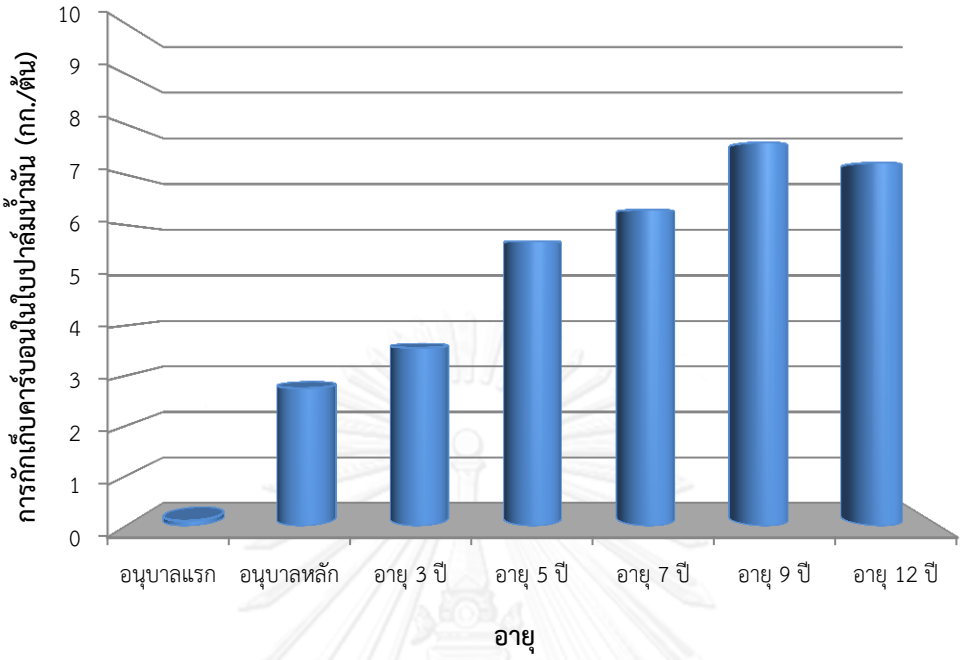
การกักเก็บคาร์บอนคำนวณได้จากผลรวมของปริมาณคาร์บอนในแต่ละส่วนของพืช ซึ่งปริมาณคาร์บอนมาจากผลคูณของมวลชีวภาพกับความเข้มข้นของคาร์บอนในแต่ละส่วนนั้นๆ ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีอายุยืนนานจึงมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนเช่นเดียวกับไม้ป่า จากการศึกษา พบว่า การกักเก็บคาร์บอนของปาล์มน้ำมันในช่วงอายุการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.10, 2.75, 3.56, 5.68, 6.31, 7.64 และ 7.24 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งแต่ละระยะการเติบโตมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P-value = 0.000) ดังตารางที่ 4.9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปาล์มน้ำมันอายุ 1 ปี, 5 ปี และ 12 ปี ที่ปลูกในศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมาที่สุดในปาล์มน้ำมันอายุ 12 ปี เท่ากับ 5.94 ตันต่อไร่ รองลงมาคือปาล์มน้ำมันอายุ 5 ปี (1.95 ตันต่อไร่) และ 1 ปี (0.35 ตันต่อไร่) ตามลำดับ ซึ่งปาล์มน้ำมันทั้ง 3 ช่วงอายุมีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยร้อยละ 44.62 (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2554)

ทั้งนี้ เมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของใบก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าปาล์มน้ำมันในช่วงอายุ 9 ปี มีการกักเก็บปริมาณคาร์บอนสูงที่สุด เนื่องจากการกักเก็บคาร์บอนของปาล์มน้ำมันจะขึ้นอยู่กับปริมาณมวลชีวภาพมากกว่าความเข้มข้นของคาร์บอนที่อยู่ในมวลชีวภาพ กล่าวคือ ถ้าปาล์มน้ำมันมีมวลชีวภาพมากก็สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณมากเช่นกัน

**ตารางที่ 4.9** ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

| อายุ | N | การกักเก็บคาร์บอนในใบปาล์มน้ำมัน (กก./ต้น) | SD |
|---|---|---|---|
| อนุบาลแรก | 9 | 0.11±0.01 | 0.02 |
| อนุบาลหลัก | 9 | 2.75±0.17 | 0.50 |
| อายุ 3 ปี | 9 | 3.56±0.25 | 0.75 |
| อายุ 5 ปี | 9 | 5.68±0.35 | 1.06 |
| อายุ 7 ปี | 9 | 6.31±0.58 | 1.75 |
| อายุ 9 ปี | 9 | 7.64±0.40 | 1.20 |
| อายุ 12 ปี | 9 | 7.24±0.34 | 1.03 |
| **รวม** | **63** | **4.76±0.35** | **2.74** |
| **P-value** | | **0.000** | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 4.6** การกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

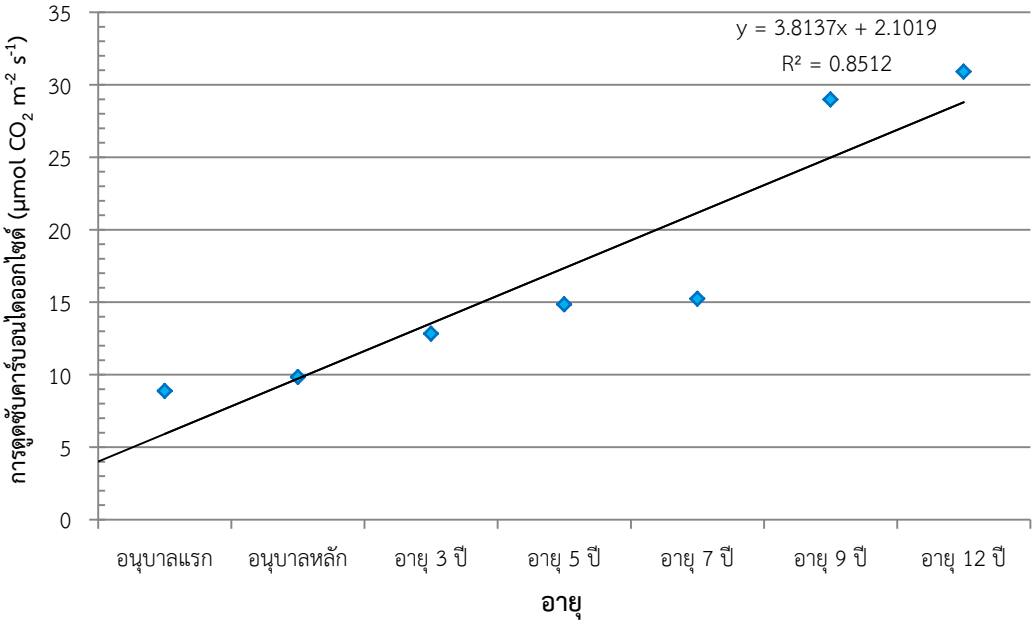
## 4.3 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลาที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า (25 ปี)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันสูง ทำให้มีต้นทุนการผลิตและราคาต่ำกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายทั้งในสินค้าอุปโภคและบริโภค ส่วนแบ่งการผลิตน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันพืชของโลกจึงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ซึ่งปาล์มน้ำมันเหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนชื้น จัดอยู่บริเวณใกล้เคียงกับเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นปาล์มน้ำมันจึงเติบโตได้ดีในภาคใต้ของประเทศ บริเวณพื้นที่ที่ปลูกมากที่สุด คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี กระบี่ ชุมพร สตูล และตรัง และเนื่องจากผลตอบแทนการปลูกปาล์มน้ำมันดีกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น เช่น ยางพาราและการทำนาข้าว และราคาน้ำมันปาล์มในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตได้นาน 25 – 35 ปี แต่สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้าควรมีลำต้นสูงไม่เกิน 15 – 18 เมตร หรือเมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุ 25 ปี เพราะต้นปาล์มมีความสูงมากเกินไปจะทำให้มีค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวสูง และมีผลผลิตต่ำทำให้ไม่คุ้มกับการดำเนินธุรกิจสวนปาล์มต่อไป เกษตรกรจึงต้องกำจัดต้นปาล์มออกให้หมด แล้วปลูกใหม่ทดแทน หรือตัดต้นปาล์มในสวนเก่าออกในอัตราส่วน 1/3 ของจำนวนต้นปาล์มทั้งหมดในทุกๆ ปี ทั้งนี้ เมื่อต้นปาล์มน้ำมันอายุประมาณ 12 ปี จะให้ผลผลิตสูงสุด อีกทั้งการเติบโตและการให้ผลผลิตจะคงที่ (Henson I.E., 1995) ดังนั้น ในการศึกษาอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันจึงได้กำหนดช่วงอายุของปาล์มน้ำมันในการศึกษาถึงอายุ 12 ปี ประกอบกับพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่เลือกใช้ในการศึกษาเป็นพันธุ์ลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 โดยได้มีการนำมาปลูกทดสอบและคัดเลือกพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวน

สุราษฎร์ธานี ตามโครงการวิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมันแห่งประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ถึงปี พ.ศ. 2542 คัดเลือกคู่ผสมที่มีลักษณะดีให้ผลผลิตสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน จากนั้นจึงได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปปลูกได้ในปี พ.ศ. 2545 (กรมวิชาการเกษตร, 2544) ปาล์มน้ำมันที่ปลูกจะมีอายุประมาณ 12 ปี ในปัจจุบัน ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาประเมินต่อไปจนกระทั่งปาล์มน้ำมันมีถึงอายุ 25 ปี ผลการศึกษามีดังนี้ อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในแต่ละระยะการเติบโตตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีค่าอยู่ระหว่าง 7.01 - 10.38, 8.16 - 11.42, 10.58 - 15.23, 10.25 - 18.36, 12.50 - 19.12, 25.70 - 31.64 และ 28.36 - 36.53 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.1 ในหัวข้อ 4.1) ซึ่งจะประเมินหาค่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงอายุที่ไม่ได้ทำการวัดโดยใช้สมการถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

ทั้งนี้ ข้อมูลตัวอย่างต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ตัว ในลักษณะเชิงเส้น (Linear) ซึ่งมีตัวแปร คือ อายุของปาล์มน้ำมัน และอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันแต่ละระยะการเติบโต พบว่า มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้นดังรูปที่ 4.7




**รูปที่ 4.7** ความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นระหว่างอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ และอายุของปาล์มน้ำมัน

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นถึงความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นระหว่างตัวแปรทั้ง 2 คือ อายุ และอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นไปตามสมการถดถอยอย่างง่าย โดยมีรูปสมการ ดังนี้

$$Y = a + bX \quad [1]$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม (เนื่องจากค่าของ Y ขึ้นอยู่กับค่าของ X)
X = ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น
a = ค่าคงที่ (Constant) เป็นค่าที่ตัดกันแกน Y
b = ความชัน (Slope) ของเส้นกราฟ

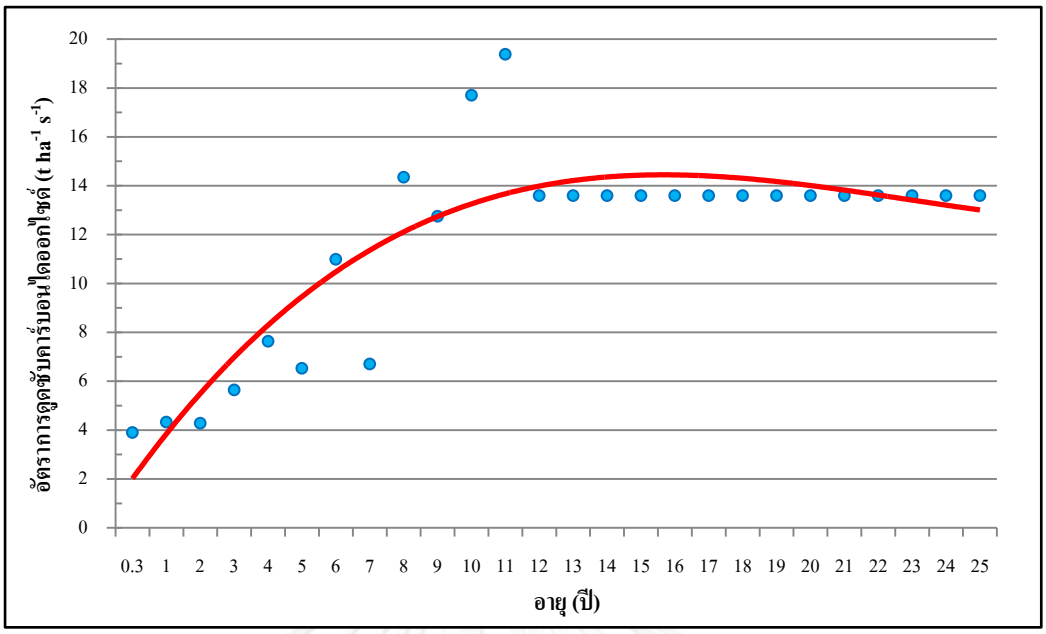
ดังนั้น จึงสามารถประเมินหาอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในอายุที่ไม่ได้วัดค่าได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยมีค่า คงที่ (Constant, a) เท่ากับ 2.102 และมีค่าความชัน (Slope, b) ของเส้นกราฟ เท่ากับ 3.814 (ตารางที่ 4.10) ซึ่งค่าความชัน หรือ b มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่าอายุของปาล์มน้ำมันและอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้าปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้น อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นปาล์มก็จะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

**ตารางที่ 4.10** สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

| Model | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| Constant | 2.102 | 1.063 | | 1.978 | 0.052 |
| Age | 3.814 | 0.238 | 0.899 | 16.047 | 0.000 |

จากนั้นนำค่า a และ b ไปแทนค่าในสมการที่ [1] พบว่า อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในช่วงอายุที่ไม่ได้ทำการวัด ได้แก่ อายุ 2 ปี, 4 ปี, 6 ปี, 8 ปี, 10 ปี และ 11 ปี มีค่าเท่ากับ 9.73, 17.36, 24.99, 32.61, 40.24 และ 44.06 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ดังตารางที่ 4.11

เนื่องจากการปาล์มน้ำมันจะมีการเติบโตคงที่เมื่อมีอายุประมาณ 12 ปี ทั้ง อัตราการสร้างทางใบคงที่ คือ ประมาณ 20 – 25 ทางใบต่อปี (Corley and Tinker, 2003) การเติบโตของลำต้น ซึ่งจุดเติบโตของปาล์มน้ำมันมีจุดเดียว คือ “ตายอด” การเติบโตด้านกว้าง เป็นลำต้นใต้ดิน (Bole) มีขนาดเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 3 ปี การเติบโตด้านความสูง เป็นลำต้นเหนือดิน (Trunk) มีกาบใบห่อหุ้มอยู่อย่างน้อย 12 ปี อัตราการยืดของลำต้นจะเพิ่ม 25 ถึง 50 เซนติเมตรต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2556) และการให้ผลผลิตที่คงที่ (Henson I.E., 1995) ดังนั้น ในการประเมินอัตราการดูซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันที่ปลูกเป็นการค้า (25 ปี) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 28.36 - 36.53 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ หรือมีค่าเฉลี่ยประมาณ 30.90 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ซึ่งเท่ากับปาล์มน้ำมันอายุ 12 ปี (ตารางที่ 4.22) เมื่อพิจารณาข้อมูลอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก – อายุ 25 ปี พบว่า อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มในเชิงบวก ซึ่งเมื่ออายุปาล์มเพิ่มขึ้นอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเข้าสู่อายุ 12 ปี อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะคงที่ไปจนกระทั่งปาล์มน้ำมันมีอายุ 25 ปี หรือช่วงเวลาที่ปลูกเป็นการค้า ดังรูปที่ 4.8




**รูปที่ 4.8** อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันที่ปลูกเป็นการค้า (25 ปี)

จากการประเมินอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันที่ปลูกเป็นการค้า พบว่ามีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมด เท่ากับ 692.22 µmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ หรือ 48,732.18 กก./ไร่/วินาที หรือ 304.58 ตัน/เฮกตาร์/วินาที (ตารางที่ 4.22) ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 4.5 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) จึงกล่าวได้ว่า เกษตรกรที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันจะมีส่วนช่วยในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 219,294,802.5 ตัน/วินาที หรือ 219 ล้านตัน/วินาที ของพื้นที่ทั้งประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตารางที่ 4.11** อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า (25 ปี)

| อายุ (ปี) | อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ | กก./ไร่/วินาที | ตัน/ไร่/วินาที | ตัน/เฮกตาร์/วินาที |
| 0.3 | 8.88 | 624.86 | 0.62 | 3.91 |
| 1 | 9.83 | 692.02 | 0.69 | 4.33 |
| 2 | 9.73 | 684.99 | 0.68 | 4.28 |
| 3 | 12.83 | 903.22 | 0.90 | 5.65 |
| 4 | 17.36 | 1222.00 | 1.22 | 7.64 |
| 5 | 14.85 | 1045.14 | 1.05 | 6.53 |
| 6 | 24.99 | 1759.01 | 1.76 | 10.99 |
| 7 | 15.23 | 1072.48 | 1.07 | 6.70 |
| 8 | 32.61 | 2296.03 | 2.30 | 14.35 |
| 9 | 28.98 | 2040.16 | 2.04 | 12.75 |
| 10 | 40.24 | 2833.04 | 2.83 | 17.71 |
| 11 | 44.06 | 3101.54 | 3.10 | 19.38 |
| 12 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 13 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 14 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 15 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 16 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 17 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 18 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 19 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 20 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 21 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 22 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 23 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 24 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| 25 | 30.90 | 2175.55 | 2.18 | 13.60 |
| **รวม** | **692.22** | **48,732.18** | **48.73** | **304.58** |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 5

# สรุปผลการศึกษา

## 5.1 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

การศึกษาอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมัน พบว่า อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีค่าอยู่ระหว่าง 7.01 - 10.38, 8.16 - 11.42, 10.58 - 15.23, 10.25 - 18.36, 12.50 - 19.12, 25.70 - 31.64 และ 28.36 – 36.53 μmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ตามลำดับ โดยอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มมากขึ้นตามอายุของปาล์มน้ำมันที่มากขึ้น ซึ่งในช่วงอายุ 12 ปี จะมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด รองลงมาคือ อายุ 9 ปี, 7 ปี, 5 ปี, 3 ปี, อนุบาลหลัก และอนุบาลแรก ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P-value = 0.000)

ทั้งนี้ ค่านำไหลปากใบ ($g_s$) (การเปิด – ปิดปากใบ) มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 8.00 น. – 10.00 น. และหลังจาก 12.00 น. เป็นต้นไป การเปิดปากใบของปาล์มน้ำมันจะลดลง ส่งผลให้อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงไปด้วย

## 5.2 การกักเก็บคาร์บอนของใบปาล์มน้ำมัน

การกักเก็บคาร์บอนของปาล์มน้ำมันมาจากผลคูณของมวลชีวภาพกับปริมาณคาร์บอนในแต่ละส่วนนั้นๆ พบว่า การเติบโตของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีดังนี้

ปาล์มน้ำมันในระยะอนุบาลแรกมีจำนวนทางใบเท่ากับ 5 – 6 ทางใบ/ต้น ระยะอนุบาลหลักมีจำนวนทางใบเท่ากับ 10 – 15 ทางใบ/ต้น อายุ 3 ปี มีจำนวนทางใบเท่ากับ 39 – 57 ทางใบ/ต้น อายุ 5 ปี มีจำนวนทางใบเท่ากับ 39 – 48 ทางใบ/ต้น อายุ 7 ปี มีจำนวนทางใบเท่ากับ 40 – 43 ทางใบ/ต้น อายุ 9 ปี มีจำนวนทางใบเท่ากับ 40 – 56 ทางใบ/ต้น และปาล์มน้ำมันอายุ 12 ปี มีจำนวนทางใบเท่ากับ 32 – 43 ทางใบ/ต้น ทั้งนี้ ความยาวทางใบปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีขนาดความยาวทางใบเฉลี่ย 21.1, 91.52, 369.22, 511.22, 512.11, 520.00 และ 618.78 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งปาล์มน้ำมันแต่ละระยะการเติบโตมีความยาวทางใบแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P-value = 0.000)

สำหรับดัชนีพื้นที่ใบของปาล์มน้ำมัน พบว่า ปาล์มน้ำมันระยะการเติบโตต่างๆ ตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีดัชนีพื้นที่ใบระหว่าง 0.03, 0.08, 3.58, 6.43, 7.72, 7.94 และ 8.99 และมีขนาดพื้นที่หน้าตัดแกนทางเท่ากับ 1.17, 14.14, 21.34, 24.61, 29.23 และ 33.54 ตารางเมตร/ใบ ตามลำดับ

ปริมาณมวลชีวภาพของปาล์มน้ำมันแต่ละระยะการเติบโตมีปริมาณเฉลี่ยต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P-value = 0.000) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.04, 1.26, 1,612.24, 2,443.56, 2,568.68, 3,378.84, 3,051.63 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก – 5 ปี มีอัตราการสะสมมวลชีวภาพในใบอย่างรวดเร็ว และในช่วงอายุ 9 ปี เป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันมีอัตราการสะสมมวลชีวภาพสูงที่สุด

ปริมาณคาร์บอนในใบปาล์มน้ำมัน พบว่า ปาล์มน้ำมันตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีปริมาณอินทรียคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 54.25 %, 49.76 %, 50.43 %, 52.95 %, 55.36 %, 51.50 %, 54.05 % ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P-value = 0.000)

ทั้งนี้ การกักเก็บคาร์บอนของปาล์มน้ำมันในช่วงอายุการเติบโตต่างๆ เท่ากับ 0.10, 2.75, 3.56, 5.68, 6.31, 7.64 และ 7.24 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P-value = 0.000) โดยปาล์มน้ำมันในช่วงอายุ 9 ปี มีการกักเก็บปริมาณคาร์บอนสูงที่สุด

### 5.3 การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงเวลาที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า (25 ปี)

การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในช่วงเวลาที่เกษตรกรปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า (25 ปี) โดยประเมินจากผลการศึกษาตั้งแต่ระยะอนุบาลแรก, อนุบาลหลัก, 3 ปี, 5 ปี, 7 ปี, 9 ปี และ 12 ปี มีค่าอยู่ระหว่าง 7.01 - 10.38, 8.16 - 11.42, 10.58 - 15.23, 10.25 - 18.36, 12.50 - 19.12, 25.70 - 31.64 และ 28.36 - 36.53 µmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ ตามลำดับ และจากการประเมินอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันตลอดระยะเวลา 25 ปี ที่ปลูกเป็นการค้า พบว่า การปลูกปาล์มน้ำมันสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้เท่ากับ 692.22 µmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ หรือ 48,732.18 กก./ไร่/วินาที หรือ 304.58 ตัน/เฮกตาร์/วินาที ดังนั้น พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 4.5 ล้านไร่ ของประเทศไทย จึงมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดเท่ากับ 219 ล้านตัน/วินาที กล่าวได้ว่า เกษตรกรทั้งประเทศที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันจะมีส่วนช่วยในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และลดภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี

Chulalongkorn University

# รายการอ้างอิง


Campbell, G. S. (1977). **An Introduction to Environmental Biophysics**. Springer Verlag: New York.

Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC). Emissions of carbon dioxide per capita by selected economies in Asia. 2008. แหล่งที่มา: http://office.bangkok.go.th/environment/pdf/greenhouse.pdf. [2556, ธันวาคม 21]

Chinchilla C.M., J. Bulgarelli, G. Castrillo and A. Salas. (1998). **Advanced oil palm planting material: Vegetative growth and yield**. ASD Oil Palm Papers, No. 17, p. 1-19.

Corley, R. H. V. and Tinker, P. B. (2003). **The Oil Palm**. U.S.A.: Blackwell Science Ltd.

Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). (2007). **Economic and Social Survey of Asia and the Pacific** 2007. Bangkok Thailand.

Evans, J. R. (1987). **The dependence of quantum yield on wavelength and growth irradiance**. Aust. J. Plant Physiol, 14, 69-79.

Henson, I. E. (1999). **Comparative ecophysiology of oil palm and tropical rainforest.** In Oil Palm & the Environment : A Malaysian Perspective (Germit Singh et al., eds.) Malaysian Oil Palm Growers Council., Kuala Lumpur. 9-39.

Hock, H. W. (1979). **Introduction to Forest Biology**. John Wiley & Sons: New York.

Teoh, K. C., Chew, P. S., Soh, A. C. and Chow, C. S. (1981). **A Study of the Seasonal Fluctuations in Leaf Nutrient Level in Oil Palms in Peninsular Malaysia**.

กรมควบคุมมลพิษ. (2555). เทคโนโลยีการดักจับและกักเก็บคาร์บอน (**Carbon Capture and Storage: CCS)**. สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, หน้า 1-3.

กรมวิชาการเกษตร. ปาล์มน้ำมัน. [ออนไลน์]. 2552a. แหล่งที่มา: http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=12. [2555, กรกฎาคม 10]

กรมวิชาการเกษตร. วิชาการปาล์มน้ำมัน. [ออนไลน์]. 2552b. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/palm/linkTechnical/oilpalm.html. [2556, ธันวาคม 14]

เกริกชัย ธนรักษ์. (2554a). การเก็บตัวอย่างดินและใบปาล์มน้ำมัน. ใน เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร สุราษฎร์ธานี, หน้า 67-91.

เกริกชัย ธนรักษ์. (2554b). การใช้ปุ๋ยเคมีในสวนปาล์มน้ำมันอายุ 1-3 ปี. ใน เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร สุราษฎร์ธานี, หน้า 47-66.

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photo Synthesis). [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา: http://www.sc.chula.ac.th/courseware/2305103/add_topics/add3/2_photosynthesis.html. [2556, สิงหาคม 16]

ชัยรัตน์ นิลนนท์ and ธีระพงศ์ จันทรนิยม. (2551). การจัดการสวนปาล์มน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ. การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ (Thailand Research Expo 2008), 2-4.

ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2546). คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้. ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

ธีระพงศ์ จันทรนิยม. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http: //www.natres.psu.ac.th/researchcenter/palm/picbook/19.palm_53_1.pdf. [2555, พฤษภาคม 30]

นงคราญ มณีวรรณ. (2552). ปาล์มน้ำมัน พืชพลังงาน (และพืชอาหาร) ที่น่าจับตามอง. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ ปีที่ 25. ฉบับที่ 1. กรมพัฒนาที่ดิน.

นาฎสุดา ภูมิจำนงค์. (2550). ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในราก และคาร์บอนในดินของสวนป่าไม้สัก. Environment and Natural Resources, 5, หน้า 109-121.

บริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด. ข้อดี ข้อเสียของน้ำมันปาล์ม. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.suksomboon.com/th/knowledge.php?news_subgroup_id=10. [2556, มิถุนายน 12]

พงศักษ์ สหุนาพุ. (2538). ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรชัย ไพบูลย์. (2550). ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของใบปาล์มน้ำมันระหว่างสายต้นที่ได้จากเนื้อเยื่อและต้นที่ได้จากเมล็ด. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รักชาติ สุขสำราญ. (2548). การประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพไม้ป่าชายเลน. สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน, สุจิตรา พรหมเชื้อ and เพ็ญศิริ จำรัสฉาย. (2554). การจัดการน้ำและสรีรวิทยาปาล์มน้ำมัน. ใน เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร สุราษฎร์ธานี, หน้า 105-169.

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2550). การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้กับสภาวะโลกร้อน. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ, 22(3), 40-49.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2553). ปาล์มน้ำมัน. รายงานสถานการณ์พืช พ.ศ. 2553,, หน้า 63-70.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มเพื่อพลังงานชีวภาพอย่างยั่งยืน [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา: http://share.psu.ac.th/blog/r-center1/27112. [2556, กรกฎาคม 15]

สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. รายงานโครงการจัดทาบัญชีก๊าซเรือนกระจกพื้นที่สวนป่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.fio.co.th/km/document/km-530108.pdf. [2555, เมษายน 26]

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, จินตณา บางจั่น and ธาดา ชัยสีหา. (2543). จุดชดเชยคาร์บอนไดออกไซด์ของใบมะม่วงภายใต้สภาพน้ำขัง. ใน รายงานโครงการวิจัยการให้อากาศเพื่อกู้ชีวิตต้นมะม่วงที่ประสบอุทกภัย, หน้า 57-62: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สุรกิตติ ศรีกุล. (2554a). การจัดการแปลงเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. ใน เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร สุราษฎร์ธานี, หน้า 7-12.

สุรกิตติ ศรีกุล. (2554b). ประวัติ และความสำคัญของปาล์มน้ำมัน. ใน เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร สุราษฎร์ธานี, หน้า 1-9.

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. (2548). คู่มือปาล์มน้ำมัน (**Oil Palm Handbook**). โรงพิมพ์เทพพิทักษ์ กรุงเทพฯ: เพ็ท-แพล้น พับลิชชิ่ง.

# ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)**

**อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี**

| เดือน/ปี | วันที่ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | รวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |
| 1/1/2012 | 127.6 | 97.8 | 17.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.2 | 0 | 20.1 | 12.2 | 19.8 | 12.1 | 9.4 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22.9 | 4.2 | 355 |
| 2/1/2012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | 6.5 |
| 3/1/2012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.2 | 0 | 0 | 20.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38.8 |
| 4/1/2012 | 7.5 | 0 | 0 | 10.2 | 5.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.4 | 4.2 | 11.6 | 0 | - | 76.1 |
| 5/1/2012 | 0 | 0 | 8.2 | 5.2 | 0 | 4.9 | 5.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.2 | 7.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.2 | 3.9 | 14.5 | 9.8 | 12.8 | 7.2 | 0 | 89.3 |
| 6/1/2012 | 0 | 8.2 | 0 | 6.5 | 37.8 | 25.8 | 12.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 90.5 |
| 7/1/2012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.5 | 22.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 6.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.2 | 0 | 52.4 |
| 8/1/2012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 15.8 | 12.4 | 19.5 | 8.9 | 11.8 | 0 | 24.8 | 5.8 | 0 | 12.4 | 37.8 | 13.1 | 0 | 4.3 | 0 | 170.1 |
| 9/1/2012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.3 | 5.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.4 | 3.2 | 3.4 | 15.3 | 8.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29.8 | 7.3 | 0 | 5.8 | - | 100.4 |
| 10/1/2012 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.5 | 0 | 0 | 0 | 5.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.1 | 0 | 0 | 20.8 | 18.2 | 10.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75.5 |
| 11/1/2012 | 15.5 | 6.5 | 4.9 | 6.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.3 | 0 | 0 | 4.9 | 0 | 0 | 0 | 8.5 | 8.9 | 12.4 | 0 | 5.4 | 0 | 0 | - | 95.1 |
| 12/1/2012 | 3.5 | 17.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.2 | 10.4 | 3.5 | 57.5 | 6.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 13.5 | 48.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.7 | 13.5 | 231 |
| 1/1/2013 | 0 | 19.8 | 0 | 28.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48.6 |
| 2/1/2013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.4 | 8.2 | 0 | 0 | 8.2 | 0 | - | - | - | 21.8 |
| 3/1/2013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.5 |
| 4/1/2013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 0 | 25.8 | 10.4 | 8.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18.5 | 9.4 | 0 | 0 | - | 77.1 |
| 5/1/2013 | 12.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.2 | 0 | 0 | 19.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.2 | 0 | 0 | 0 | 14.9 | 0 | 0 | 13.5 | 35.4 | 17.5 | 5.8 | 8.2 | 12.4 | 0 | 58.5 | 0 | 0 | 9.5 | 226.3 |
| 6/1/2013 | 0 | 0 | 22.1 | 4.5 | 0 | 0 | 32.3 | 0 | 0 | 11.4 | 0 | 7.5 | 8.3 | 15.4 | 13.4 | 4.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23.4 | 4.9 | 0 | 0 | - | 152.2 |
| 7/1/2013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.4 | 10.9 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 0 | 0 | 15.4 | 0 | 6.2 | 0 | 20.1 | 0 | 0 | 0 | 10.2 | 5.7 | 59.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.2 | 25.4 | 184.7 |
| 8/1/2013 | 0 | 0 | 0 | 15.4 | 7.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.2 | 0 | 29.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32.8 | 0 | 0 | 25.8 | 0 | 45.4 | 29.5 | 7.8 | 201.5 |
| 9/1/2013 | 0 | 0 | 9.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55.8 | 0 | 0 | 0 | 8.9 | 4.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.4 | 9.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.5 | 10.5 | 12.4 | 0 | - | 134.7 |
| 10/1/2013 | 0 | 0 | 24.8 | 6.5 | 0 | 8.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.4 | 0 | 3.8 | 9.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28.4 | 0 | 9.2 | 96.8 |
| 11/1/2013 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 0 | 23.7 | 0 | 35.8 | 57.7 | 52.2 | 53.5 | 122.7 | 53.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22.7 | 20.1 | 45.3 | - | 504.8 |
| 12/1/2013 | 0 | 3.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.9 |

**ที่มา :** กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557

CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ภาคผนวก ข**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ภาพที่ ผ. 1** อุปกรณ์สำหรับเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงระบบเปิด (รุ่น LI-COR 6400 บริษัท LICOR ประเทศสหรัฐอเมริกา)

| | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |

1. ตัวเครื่อง (Console)
2. หัววัด (Leaf chamber)
3. แบตเตอรี่
4. ถังควบคุมอากาศ และท่ออากาศ
5. สารดูดความชื้น (Drierite) และ Soda lime
6. เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงระบบเปิดประกอบเสร็จพร้อมใช้งาน

**ภาพที่ ผ. 2** ต้นปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

| | |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |
| 7 | 8 |

1. อนุบาลแรก
2. อนุบาลแรก
3. อนุบาลหลัก
4. อายุ 3 ปี
5. อายุ 5 ปี
6. อายุ 7 ปี
7. อายุ 9 ปี
8. อายุ 12 ปี

**ภาพที่ ผ. 3** การวัดอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของปาล์มน้ำมันในระยะการเติบโตต่างๆ

| | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |
| 7 | 8 |

1. การใช้ Chameber หนีบใบปาล์ม
2. การวัดในระยะอนุบาลหลัก
3. การตั้งตัวเครื่องและ Chamber
4. การวัดในช่วงอายุ 3 ปี
5. การจัดวางนั่งร้านไปตามทางใบที่ต้องการ
6. การวัดในช่วงอายุ 7 ปี
7. การวัดในช่วงอายุ 9 ปี
8. การวัดในช่วงอายุ 12 ปี

**ภาพที่ ผ. 4** ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียคาร์บอนในใบปาล์มน้ำมัน โดยวิธี Walkley – Black Method และวิธี Graham)

| | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |

1. การเก็บตัวอย่างใบ
2. การนำตัวอย่างใบไปอบ
3. ตัวอย่างใบที่บดละเอียด
4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใบ 100 mg
5. เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท 25 mL
6. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และทิ้งไว้ 1 คืน

**ภาพที่ ผ. 5** ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียคาร์บอนในใบปาล์มน้ำมัน โดยวิธี Walkley – Black Method และวิธี Graham)

| | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |

1. เติมน้ำกลั่น 100 mL
2. หลังจากเติมน้ำกลั่นแล้วทิ้งให้เย็น
3. เติมอินดิเคเตอร์
4. ไทเทรตกับเฟอร์รัสแอนโมเนียมซัลเฟต 0.5N
5. ไทเทรตจนกว่าจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง
6. ตัวอย่างก่อน และหลังการไทรเทรต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวฉัตริญาภา ชื่นจิตร เกิดเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2529 ภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัดสุโขทัย สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดเสาหิน จังหวัดสุโขทัย ในปี พ.ศ. 2542 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุดมดรุณี จังหวัดสุโขทัย ในปี พ.ศ. 2548 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยาเชิงอนุรักษ์ มหาวิทยาลัยมหิดล (วิทยาเขตกาญจนบุรี) ในปี พ.ศ. 2552 และเข้าทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยนักวิจัย สถานีวิจัยสัตว์ป่าบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 และได้เข้าทำงานในตำแหน่งนักวิชาการ บริษัท วี คอนซัลติ้ง เซอร์วิส จำกัด จนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554

ในปีการศึกษา 2554 ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University