การสังเคราะห์ด้วยแสงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องบางประการของโกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Poir. ที่อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร

นางสาวสุธาทิพย์ อำนวยสิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 Graduate School.

PHOTOSYNTHESIS AND SOME RELATED FACTORS OF RED MANGROVE

Rhizophora mucronata Poir. AT TUNGKA-SAWI BAY, CHUMPHON PROVINCE

Miss Suthathip Umnouysin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Botany

Department of Botany

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสังเคราะห์ด้วยแสงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องบางประการของโกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Poir. ที่อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร
โดย	นางสาวสุธาทิพย์ อำนวยสิน
สาขาวิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. ชนิตา ปาลิยะวุฒิ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. ศศิธร พ่วงปาน

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุมพล คุณวาสี)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร. ชนิตา ปาลิยะวุฒิ)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. ศศิธร พ่วงปาน)

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญธิดา โฆษิตทรัพย์)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ทนุวงศ์ แสงเทียน)

สุธาทิพย์ อำนวยสิน: การสังเคราะห์ด้วยแสงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องบางประการของโกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Poir. ที่อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร. (PHOTOSYNTHESIS AND SOME RELATED FACTORS OF RED MANGROVE *Rhizophora mucronata* Poir. AT TUNGKA-SAWI BAY, CHUMPHON PROVINCE) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. ชนิตา ปาลิยะวุฒิ, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร. ศศิธร พ่วงปาน, 121 หน้า.

ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ที่อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพรในฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยศึกษา light response curve วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) อัตราการคายน้ำ (T_r) และคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำ รวมทั้งศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ ปริมาณไนโตรเจน โซเดียมไอออน (Na^+) คลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในใบ ตลอดจนศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของใบ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ คุณสมบัติของน้ำในดิน และลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน ผลการศึกษา light response curve พบว่า quantum yield และ light saturation point ของโกงกางใบใหญ่ทุกแปลงปลูกในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน ขณะที่ light compensation point และอัตราการหายใจในฤดูแล้งมีแนวโน้มสูงกว่าฤดูฝน เนื่องจากอุณหภูมิอากาศและความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน สำหรับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดพบว่าโกงกางใบใหญ่ทุกแปลงปลูกมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในฤดูแล้งน้อยกว่าฤดูฝน โดยปัจจัยสิ่งแวดล้อมคือ ความเค็มของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง ส่งผลให้ g_s ลดลง ทำให้ C_i และ T_r ลดลงด้วย นอกจากนี้ความเค็มของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้งยังมีผลต่อการลดลงของปริมาณไนโตรเจนในใบ และความหนาของชั้น mesophyll ขณะที่ปริมาณ Cl^- ในใบเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีค่าลดลง จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปัจจัยต่างๆ แสดงให้เห็นว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ศึกษาแตกต่างกันในแต่ละแปลงปลูก โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่มากที่สุดคือ g_s ปริมาณไนโตรเจนในใบ และความเค็มของน้ำในดิน

ภาควิชา พฤกษศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา พฤกษศาสตร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ปีการศึกษา 2554	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

5272588123 : MAJOR BOTANY

KEYWORDS: PHOTOSYNTHESIS / *Rhizophora mucronata* / INTERNAL FACTORS / ENVIRONMENTAL FACTORS

SUTHATHIP UMNOUYSIN: PHOTOSYNTHESIS AND SOME RELATED FACTORS OF RED MANGROVE *Rhizophora mucronata* Poir. AT TUNGKA-SAWI BAY, CHUMPHON PROVINCE. ADVISOR: CHANITA PALIYAVUTH, Ph.D., CO-ADVISOR: SASITORN POUNGPARN, Ph.D., 121 pp.

The photosynthesis of *R. mucronata* study was conducted in four stand ages (1, 3, 5 and 9 years old) during rainy and dry seasons at Tungka-Sawi Bay, Chumphon Province. Light response curves of *R. mucronata* were established. Maximum photosynthetic rate, stomatal conductance (g_s), intercellular CO_2 concentration (C_i) and transpiration rate (T_r) were measured. Then, water use efficiency was calculated. Furthermore, some factors that related to the photosynthesis, including specific leaf area (SLA), nitrogen content (N), sodium ion (Na^+), chloride ion (Cl^-) in leaf, leaf anatomy and environmental factors (i.e., physical and chemical properties of water and soil) were examined. The results of light response curve showed that quantum yield and light saturation point of all stands were not different between rainy and dry season. Nevertheless, light compensation point and respiration rate in the dry season were higher than those in the rainy season according to the high air temperature and soil water salinity in the dry season. The maximum photosynthetic rates of all stands were lower in the dry season than those in the rainy season. In dry season, the soil water salinity increases, resulting in reduction of g_s, C_i, T_r, leaf N and thickness of mesophyll layer but increasing Cl^- concentration in leaves. Correlation analysis indicated that there was a significant correlation between the maximum photosynthetic rates of *R. mucronata* and related factors in each stand. The factors that had the most correlation with the photosynthesis of most stand were g_s, leaf N and soil water salinity.

Department : BOTANY	Student's Signature ....
Field of Study : BOTANY	Advisor's Signature ....
Academic Year : 2011	Co-advisor's Signature ....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ชนิตา ปาลิยะวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. ศศิธร พ่วงปาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และรองศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาอันเป็นประโยชน์ยิ่งตลอดการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุมพล คุณวาสี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญธิดา โฆษิตทรัพย์ และ ดร. ทนุวงศ์ แสงเทียน ที่กรุณาเสียสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานิต คิดอยู่ ที่กรุณาให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อเครื่องมือในการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของใบ

ขอขอบพระคุณ สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ที่เอื้อเฟื้อเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อใช้ในการทำวิจัย และสนับสนุนเงินทุนส่วนหนึ่งสำหรับการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณวิชัย สมรูป หัวหน้าสถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 12 (สวี ชุมพร) และเจ้าหน้าที่สถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 12 (สวี ชุมพร) ทุกท่านที่เอื้อเฟื้อสถานที่และให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามในการทำวิจัยโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ โครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) สำหรับโอกาสทางการศึกษารวมทั้งสนับสนุนเงินทุนในการศึกษามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ หน่วยปฏิบัติการวิจัยพฤกษนิเวศวิทยา ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่กรุณาเสียสละเวลาให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามและคำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่สนับสนุนในทุกๆ ด้าน ตลอดจนเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ฎ
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 วัตถุประสงค์	3
	1.2 สมมติฐาน	3
	1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
	1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
2	การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	2.1 ป่าชายเลนและความสำคัญ	5
	2.2 การลดลงและการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลน	6
	2.3 ลักษณะของพืชศึกษา	9
	2.4 การสังเคราะห์ด้วยแสง	11
3	วิธีดำเนินการศึกษา	20
	3.1 พื้นที่ศึกษา	20
	3.2 โครงสร้างป่าปลูกโกงกางใบใหญ่	29
	3.3 การสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่	30
	3.4 ปัจจัยภายในบางประการของโกงกางใบใหญ่	35

บทที่		หน้า
	3.5 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	36
	3.6 วิเคราะห์ข้อมูล	38
4	ผลการศึกษา	39
	4.1 โครงสร้างป่าปลูกโกงกางใบใหญ่	39
	4.2 การสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่	40
	4.3 ปัจจัยภายในบางประการของโกงกางใบใหญ่	47
	4.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	54
	4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	60
5	อภิปรายผลการทดลอง	76
	5.1 โครงสร้างป่าปลูกโกงกางใบใหญ่	76
	5.2 Light response curve ของโกงกางใบใหญ่	77
	5.3 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	81
	5.4 ผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่	100
6	สรุปผลการศึกษา	101
รายการอ้างอิง		103
ภาคผนวก		113
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์		121

สารบัญตาราง

ตารางที่ | หน้า

2.1 พื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ.2504-2552 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2552)........ 7

4.1 ความหนาแน่นต้นไม้ ขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางเหนือคอราก 30 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย การปกคลุมเรือนยอดต่อพื้นที่แปลง และพื้นที่หน้าตัดลำต้นรวมของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี........ 40

4.2 Quantum yield light compensation point light saturation point และอัตราการหายใจของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง........ 41

4.3 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) และอัตราการคายน้ำ (T_r) ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง........ 43

4.4 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) และอัตราการคายน้ำ (T_r) ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง........ 44

4.5 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) และอัตราการคายน้ำ (T_r) ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง........ 44

4.6 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) และอัตราการคายน้ำ (T_r) ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง........ 45

4.7 ค่าดัชนีพื้นที่ใบของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง........ 46

ตารางที่		หน้า

ตารางที่		หน้า
4.8	ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (SLA) ปริมาณไนโตรเจน (N) โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	47
4.9	ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (SLA) ปริมาณไนโตรเจน (N) โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	48
4.10	ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (SLA) ปริมาณไนโตรเจน (N) โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	48
4.11	ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (SLA) ปริมาณไนโตรเจน (N) โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	49
4.12	ความหนาของใบ ความหนาของชั้น mesophyll ความหนาของชั้น palisade parenchyma และความหนาของชั้น spongy parenchyma ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	51
4.13	ความเค็ม ความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	54
4.14	องค์ประกอบของเนื้อดินแยกตามขนาดอนุภาคดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	58
4.15	ความเป็นกรดด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	58

ตารางที่		หน้า
4.16	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายในของพืชกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด โดย Pearson correlation (N=8) g_s = ค่าการนำที่ปากใบ C_i = ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ T_r = อัตราการคายน้ำ WUE = ประสิทธิภาพการใช้น้ำ SLA = ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ N = ปริมาณไนโตรเจน Na^+ = ปริมาณโซเดียมไอออนในใบ Cl^- = ปริมาณคลอไรด์ไอออนใบ..........	74
4.17	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด โดย Pearson correlation (N=6)..........	75
5.1	ผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี..........	100

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 กราฟ light response curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (P_N) และแสง (PAR)... 11

3.1 พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอ่าวทุ่งคา-สวี อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร (จาก maps.google.com)... 21

3.2 ลักษณะแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี เดิมเป็นพื้นที่นากุ้งร้าง มีคันดินล้อมรอบ.. 22

3.3 แปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ⟵ แสดงทิศทางการไหลของน้ำ (จาก maps.google.com) จุดสีแดงคือตำแหน่งของหอสูงที่ใช้วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง.. 23

3.4 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วง พ.ศ.2523-2552 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)... 26

3.5 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2554 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)................. 26

3.6 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนในช่วง พ.ศ.2523-2552 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)... 27

3.7 ความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2554 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย).......... 27

3.8 อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดรายเดือน ในช่วง พ.ศ.2523-2552 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย).. 28

3.9 อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดรายเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2554 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย).. 28

ภาพที่		หน้า
3.10	หอสูงที่ใช้ศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่ (ก) อายุ 1 ปี สูง 1 เมตร (ข) อายุ 3 ปี สูง 3.5 เมตร (ค) อายุ 5 ปี สูง 4 เมตร และ (ง) อายุ 9 ปี สูง 7 เมตร...	33
3.11	เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (ก) portable photosynthesis system (LI-6400, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) และ (ข) leaf chamber.............	34
3.12	ศึกษาคุณสมบัติของน้ำในดินด้วย ด้วย Portable Multiparameter Meter (sessION 156, Hach Company, USA)..	37
3.13	แผนภาพสามเหลี่ยมจำแนกชนิดดิน (United States Department of Agriculture)...	37
4.1	light response curve ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูก (ก) อายุ 1 ปี (ข) อายุ 3 ปี (ค) อายุ 5 ปี และ (ง) อายุ 9 ปี ในฤดูฝน (—) และฤดูแล้ง (---)............................	42
4.2	ลักษณะทางกายวิภาคของใบโกงกางใบใหญ่ (ก) อายุ 1 ปี (ข) อายุ 3 ปี (ค) อายุ 5 ปี (ง) อายุ 9 ปี ในฤดูฝน (ซ้าย) และฤดูแล้ง (ขวา)...	50
4.3	ความหนาของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง..	51
4.4	ความหนาของชั้น hypodermis ของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง..	52
4.5	ความหนาของชั้น mesophyll ของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง..	52
4.6	ความหนาของชั้น palisade parenchyma ของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง..	53
4.7	ความหนาของชั้น spongy parenchyma ของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง..	53
4.8	ความเค็มของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง..	55

ภาพที่ หน้า

4.9 ความเป็นกรดด่างของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง.......... 55

4.10 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง.......... 56

4.11 อุณหภูมิของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง.......... 56

4.12 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง.......... 57

4.13 ความเป็นกรดด่างของดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง.......... 59

4.14 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง.......... 59

4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r = 0.959, P < 0.01.......... 60

4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r = 0.850, P < 0.01..... 61

4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r =0. 716, P < 0.01.......... 61

4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณไนโตรเจนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r = 0.928, P < 0.01.......... 62

ภาพที่		หน้า
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น mesophyll ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (๐) โดย Pearson correlation N=8, r = 0.708, P < 0.05	62
4.20	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น spongy parenchyma ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (๐) โดย Pearson correlation N=8, r = 0.769, P < 0.05	63
4.21	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับอุณหภูมิอากาศของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (๐) โดย Pearson correlation N=8, r = -0.734, P < 0.1	63
4.22	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (๐) โดย Pearson correlation N=8, r = 0.876, P < 0.01	64
4.23	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณไนโตรเจนในใบ ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (๐) โดย Pearson correlation N=8, r = 0.861, P < 0.01	65
4.24	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเค็มของน้ำในดินของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (๐) โดย Pearson correlation N=8, r = -0.814, P < 0.05	65
4.25	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (๐) โดย Pearson correlation N=8, r=0.889, P < 0.01	66
4.26	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (๐) โดย Pearson correlation N=8, r=0.883, P < 0.01	67

ภาพที่		หน้า
4.27	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณไนโตรเจนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.886, P < 0.01	67
4.28	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น mesophyll ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.855, P < 0.01	68
4.29	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.755, P < 0.05	68
4.30	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเค็มของน้ำในดินของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.819, P < 0.05	69
4.31	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.978, P < 0.01	70
4.32	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.902, P < 0.01	70
4.33	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.952, P < 0.01	71
4.34	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณไนโตรเจนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.817, P < 0.05	71

ภาพที่ หน้า

4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น spongy parenchyma ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.751, P < 0.05................. 72

4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.754, P < 0.05................................. 72

4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเค็มของน้ำในดินของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.898, P < 0.05.. 73

บทที่ 1

บทนำ

ป่าชายเลนเป็นสังคมพืชที่ขึ้นอยู่ตามแนวชายฝั่งทะเลที่มีสภาพเป็นดินเลน มีน้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอ พบเฉพาะในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน เนื่องจากเป็นป่าที่อยู่ตามแนวชายฝั่งจึงได้รับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างจากป่าบกอย่างชัดเจน ได้แก่ ความเค็ม การท่วมของน้ำทะเล และความถี่ในการท่วม ทำให้การเกิดและการกระจายของป่าชายเลนถูกจำกัด และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน (เทียมใจ คมกฤส, 2536; สนิท อักษรแก้ว, 2541) ป่าชายเลนยังเป็นแหล่งผลิตขั้นปฐมภูมิที่มีความสำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งและทะเล ทำให้มีความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำ โดยเป็นแหล่งอนุบาลและเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ ป่าชายเลนจึงเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ เช่น การประมง การผลิตไม้และมีบทบาทในการรักษาสมดุลของระบบนิเวศ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ป้องกันชายฝั่งไม่ให้ถูกกัดเซาะจากกระแสคลื่น และช่วยดักกรองของเสียก่อนลงสู่ทะเล (สนิท อักษรแก้ว, 2541; สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน[2], 2552)

ป่าชายเลนเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ โดยปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่สะสมในป่าชายเลนทั่วโลกมีประมาณ 4.03×10^{8} ตันคาร์บอน (Twilley *et al.*, 1992; Clough, 1998) แต่จากการลดลงของพื้นที่ป่าชายเลน ซึ่งเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะการทำนากุ้งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศชายฝั่งทะเลโดยรวม (Kato *et al.*, 2008) ต่อมาได้มีการปลูกและฟื้นฟูป่าชายเลน พันธุ์ไม้ส่วนใหญ่ที่เหมาะสมและปลูกได้ดีมักเป็นพันธุ์ไม้ในวงศ์ Rhizophoraceae เช่น โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Blume) โกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata* Poir.) ซึ่งมีการเจริญเติบโตค่อนข้างรวดเร็ว ให้ผลผลิตสูง และเจริญในพื้นที่ป่าชายเลนที่ถูกทำลายได้ดี (Sukardjo and Yamada, 1992; พูลศรี เมืองสง และสนิท อักษรแก้ว, 2540) ประโยชน์จากการฟื้นฟูป่าชายเลนนอกจากจะเป็นการรักษาสมดุลของระบบนิเวศแล้ว ยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการกักเก็บคาร์บอนอีกด้วย โดยพืชจะดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปมวลชีวภาพเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่ง

ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (specific leaf area, SLA) และปริมาณไนโตรเจนในใบเป็นปัจจัยภายในอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยพบว่าเมื่อค่าเฉพาะพื้นที่ใบและปริมาณไนโตรเจนในใบลดลงมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชหลายชนิดมีค่าลดลง (Gulías *et al.*, 2003) เนื่องจากค่าเฉพาะพื้นที่ใบลดลงทำให้พื้นที่ในการรับแสงลดลง (Hanba *et al.*, 1999) สำหรับปริมาณไนโตรเจนในใบลดลงทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญของใบและเป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552; Anten *et al.*, 1996)

พืชป่าชายเลนเจริญอยู่ตามแนวชายฝั่งจึงมีความเค็มของน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งส่งผลต่อปริมาณโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออนในพืช โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณโซเดียมไอออนจะขัดขวางการดูดซึมแคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออน (Sudhir and Murthy, 2004; Nandy *et al.*, 2007) ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (Taiz and Zeiger, 2006; ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) ส่วนคลอไรด์ไอออนพบว่าถ้าปริมาณของคลอไรด์ไอออนในเซลล์สูง จะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์และยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Taiz and Zeiger, 2006; Li *et al.*, 2008) นอกจากนี้ความเค็มของน้ำยังส่งผลต่อลักษณะทางกายวิภาคของใบทำให้ความหนาของแผ่นใบเพิ่มขึ้นและความหนาของชั้น mesophyll ลดลง ซึ่งทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลงด้วย (Taiz and Zeiger, 2006; Nandy *et al.*, 2007) ฤดูกาลที่แตกต่างกันก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากความเข้มแสง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความเค็มของน้ำในดินที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล (Lin and Sternberg, 1992) ดังเช่นการศึกษาของ Theuri และคณะ (1999) พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่และโปรงแดง (*Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Rob.) ในป่าชายเลนรุ่นสอง ประเทศเคนย่าในฤดูแล้งมีค่าต่ำกว่าฤดูฝน เนื่องจากฤดูแล้งเกิดสภาวะขาดน้ำ พืชจึงปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่เซลล์ได้น้อย อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง

อย่างไรก็ตามจากการทำลายพื้นที่ป่าชายเลนที่เกิดจากสาเหตุต่างๆ กัน เช่น การใช้พื้นที่เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง การสร้างถนน ท่าเรือ เป็นต้น ทำให้พื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรมมีสภาพแวดล้อมหลายแบบแตกต่างกัน และอาจส่งผลให้การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชที่ปลูกฟื้นฟูแตกต่างกัน ประกอบกับการตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชป่าชายเลนพบว่าการศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่ในป่าปลูกยังมีน้อย ทั้งที่โกงกางใบใหญ่เป็นพืชป่าชายเลนที่นิยมนำมาปลูกฟื้นฟู เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตบนพื้นที่ที่ถูกทำลายได้ดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่จะศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องบางประการของโกงกางใบใหญ่ในป่าปลูกที่มีอายุปลูกแตกต่างกันบนพื้นที่ที่เดิมเป็นนากุ้ง และพื้นที่รกร้าง เช่น ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ ปริมาณไนโตรเจน โซเดียมไอออน คลอไรด์ไอออนในใบ ลักษณะทางกายวิภาคของใบ และปัจจัยสิ่งแวดล้อม เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่ที่เป็นผลมาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องบางประการ และนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาและประเมินศักยภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่ในสภาพธรรมชาติได้

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องบางประการของโกงกางใบใหญ่ที่อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร

1.2 สมมติฐาน

ปัจจัยบางประการ เช่น ค่าการนำที่ปากใบ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ อัตราการคายน้ำ ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ ปริมาณไนโตรเจน โซเดียมไอออน คลอไรด์ไอออน ลักษณะทางกายวิภาคของใบ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่แตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องบางประการทั้งปัจจัยภายในของพืช และปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกจำนวน 4 แปลงที่อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องบางประการของโกงกางใบใหญ่ และนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาและประเมินศักยภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่
2. เพื่อนำข้อมูลการสังเคราะห์ด้วยแสงมาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินความสามารถในการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของโกงกางใบใหญ่

บทที่ 2

การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ป่าชายเลนและความสำคัญ

ป่าชายเลนเป็นสังคมพืชที่ขึ้นอยู่ตามแนวชายฝั่งทะเลที่มีสภาพเป็นดินเลนมีน้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอ พบเฉพาะในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน เนื่องจากเป็นป่าที่อยู่ตามแนวชายฝั่งจึงได้รับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างจากป่าบกอย่างชัดเจน ได้แก่ ความเค็ม การท่วมของน้ำทะเล และความถี่ในการท่วม ทำให้การเกิดและการกระจายของป่าชายเลนถูกจำกัดและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน

ป่าชายเลนเป็นแหล่งผลิตอาหารและพลังงานที่สำคัญสำหรับมนุษย์และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล จึงเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีคุณค่าทางด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม (สนิท อักษรแก้ว, 2541; สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน[2], 2552)

1. คุณค่าด้านเศรษฐกิจ

ด้านประมง เป็นแหล่งอาหาร ที่อยู่อาศัย และเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ

ด้านป่าไม้ ที่นิยมกันมากคือ นำมาเผาถ่าน เนื่องจากถ่านจากไม้โกงกางเป็นถ่านไม้ที่ให้ความร้อนสูง ใช้ทำฟืนเพื่อหุงต้ม ทำไม้ค้ำยันเพื่อใช้ในการปลูกพืชผลทางการเกษตร และทำเครื่องมือประมงต่างๆ

2. คุณค่าด้านสิ่งแวดล้อม

ป่าชายเลนมีความสำคัญทางด้านอนุรักษ์พื้นที่ชายฝั่งทะเล โดยทำหน้าที่เป็นปราการตามธรรมชาติป้องกันลมพายุ ป้องกันชายฝั่งไม่ให้ถูกกัดเซาะจากกระแสคลื่น ช่วยในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยช่วยดักกรองของเสีย และขยะบริเวณชายฝั่งก่อนลงสู่ทะเล นอกจากนี้ป่าชายเลนยังเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่มีความสำคัญอีกด้วย

2.2 การลดลงและการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลน

ป่าชายเลนของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2504 พบว่ามีพื้นที่มากถึง 2.3 ล้านไร่ แต่จากการสำรวจของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ในปี พ.ศ.2552 พบว่ามีพื้นที่ป่าชายเลนเหลืออยู่ประมาณ 1.5 ล้านไร่ (ตารางที่ 2.1) สาเหตุการลดลงของป่าชายเลนในระยะแรกคือ การให้สัมปทานทำไม้ป่าชายเลนตั้งแต่ช่วงก่อนปี พ.ศ.2504 ทำให้เกิดการตัดไม้จนเกินกำลังผลิตของป่าโดยสัมปทานทั้งหมดสิ้นสุดลงในปี พ.ศ.2546 อย่างไรก็ตามพื้นที่ป่าชายเลนยังคงมีการเปลี่ยนแปลงมาโดยตลอด เนื่องจากการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การทำนาเกลือ การทำเหมืองแร่ การขยายตัวของชุมชน การขยายเขตอุตสาหกรรม เป็นต้น ส่งผลให้พื้นที่ป่าชายเลนลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะช่วงหลังปี พ.ศ.2522 เป็นต้นมา การทำนากุ้งได้กลายเป็นปัญหาสำคัญและส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อพื้นที่ป่าชายเลน มีการเปลี่ยนพื้นที่ป่าชายเลนเป็นนากุ้ง โดยการตัดไม้ป่าชายเลนลงหมดและมีการทำคันดินซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศชายฝั่ง จากกิจกรรมต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลนดังนี้ (สนิท อักษรแก้ว, 2541; สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554)

1. ผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำและดิน

การเปิดป่าเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ ทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่เปิดกว้างทำให้ได้รับแสงเต็มที่ การเปลี่ยนแปลงการขึ้นลงของน้ำทะเล เนื่องจากการทำคันดินกั้นทำให้กีดขวางการขึ้นลงของน้ำทะเลและน้ำจืดที่จะไหลไปสู่ป่าชายเลนและปากแม่น้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อการตกตะกอนบริเวณป่าและปากแม่น้ำ ความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากการระเหยของน้ำ ปริมาณธาตุอาหารลดลง เกิดการพังทลายของชายฝั่งมากขึ้น เนื่องจากไม่มีป่าชายเลนช่วยป้องกัน

2. ผลกระทบต่อลักษณะทางชีวภาพ

จากผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำและดิน ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการกระจายของไม้ป่าชายเลน รวมทั้งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิด และปริมาณของสัตว์น้ำอีกด้วย

3. ผลกระทบต่อความสมดุลของระบบนิเวศ

การทำลายป่าชายเลนเป็นการทำลายระบบนิเวศอย่างสิ้นเชิง ลดปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากป่าชายเลน กีดขวางการขึ้นลงของน้ำทะเลและน้ำจืด เกิดการพังทลายของดิน และการปล่อยน้ำเสียจากบ่อกุ้ง ซึ่งจะส่งผลต่อการสืบพันธุ์ การเจริญเติบโตของพันธุ์พืชและสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงห่วงโซ่อาหาร และสมดุลธรรมชาติของระบบนิเวศป่าชายเลนและระบบนิเวศใกล้เคียง

ตารางที่ 2.1 พื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ.2504-2552 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2552)

ปี พ.ศ.	พื้นที่ (ไร่)
2504	2,299,375
2518	1,954,575
2522	1,795,675
2529	1,227,674
2536	1,054,266
2539	1,047,390
2543	1,469,562
2547	1,458,174
2552	1,525,061

การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลน

การปลูกป่าชายเลนนั้นเกิดขึ้นเนื่องมาจากการลดลงของพื้นที่ป่าชายเลน (ตารางที่ 2.1) โดยมีเป้าหมายที่จะฟื้นฟูระบบนิเวศป่าชายเลนที่เสื่อมโทรม และปลูกทดแทน เพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลนที่ถูกทำลายให้กลับมามีสภาพสมบูรณ์ (ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2, 2552) ทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศชายฝั่ง การปลูกป่าชายเลนให้ประสบความสำเร็จจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น สภาพภูมิประเทศชายฝั่ง การขึ้นลงของน้ำทะเล ความเค็มของน้ำ เพื่อเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่จะใช้ในการปลูกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และปัจจัยสิ่งแวดล้อม การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่เสื่อมโทรมจึงต้องมีการปรับสภาพพื้นที่ให้มีน้ำขึ้นลงตามธรรมชาติ เพื่อให้เกิดการตกตะกอนเลน พันธุ์ไม้ที่เหมาะสมในการปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ไม้ในวงศ์ Rhizophoraceae เช่น โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก และพังกาหัวสุม เป็นต้น (ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2, 2552; สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) ดังเช่นการศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง บริเวณหมู่บ้านหาดทรายขาว จังหวัดระนอง ซึ่งเป็นนากุ้งทิ้งร้างมาแล้วประมาณ 2 ปี และเป็นพื้นที่น้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอ พบว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมในการปลูกและเจริญได้ดีที่สุดคือ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ตามลำดับ (พูลศรี เมืองสง และสนิท อักษรแก้ว, 2540)

ประโยชน์จากการฟื้นฟูป่าชายเลนคือ ผลผลิตเนื้อไม้เพิ่มขึ้น เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ เนื่องจากป่าชายเลนเป็นที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร แหล่งวางไข่และอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน และช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศป่าชายเลนให้กลับมาสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการกักเก็บคาร์บอนอีกด้วย

2.3 ลักษณะของพืชศึกษา

โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir.)

(Smitinand and Larsen, 1981; Duke, 2006; สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน[1], 2552; สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน[2], 2552)

วงศ์ Rhizophoraceae

ลักษณะทั่วไป เป็นไม้ขนาดใหญ่ สูง 27-30 เมตร เปลือกหยาบ สีเทาถึงดำ หากทุบเปลือกทิ้งไว้สักครู่ พบว่าด้านในของเปลือกจะมีสีเหลืองถึงส้ม เนื้อไม้มีสีน้ำตาลอมแดง มันวาว บริเวณโคนต้นมีรากค้ำจุนทำหน้าที่พยุงลำต้น รากโค้งจรดดินไม่หักเป็นมุมฉาก

ใบ เป็นใบเดี่ยว (simple leaf) เรียงตรงข้าม (opposite) สลับทิศทางกัน (decussate) แผ่นใบอวบใหญ่ รูปรีกว้างหรือขอบขนาน ขนาดของใบยาว (8.5)-11-18 (-23) เซนติเมตร กว้าง 5-10.5 (-13) เซนติเมตร ปลายใบทู่หรือแหลม ฐานใบสอบเข้าหากันเป็นรูปลิ่ม ใบด้านบนมีสีเขียวอ่อน ท้องใบสีออกเหลือง มีจุดดำเล็กๆ กระจายอยู่เต็มท้องใบ ก้านใบสีเขียว ยาว 2.5-5.5 เซนติเมตร หูใบที่ปลายยอด มีสีเขียวอมเหลือง ยาว 5.5-8.5 เซนติเมตร

ดอก ออกเป็นช่อที่ง่ามใบ ก้านช่อดอกยาว 3-7 เซนติเมตร ก้านดอกย่อยยาว 0.4-0.8 เซนติเมตร ช่อหนึ่งๆ มี 2-12 ดอก กลีบเลี้ยงสีเหลืองอ่อน 4 กลีบ รูปไข่ แต่ละกลีบมีขนาด 1.3-1.5 เซนติเมตร กลีบดอกมี 4 กลีบ สีขาว รูปใบหอก ยาว 0.9 เซนติเมตร มีส่วนนุ่มๆ ภายใน กลีบดอกม้วนขึ้นปกคลุมด้วยขนนุ่มและยาวซึ่งสานไปมา เกสรตัวผู้มี 8 อัน ติดกับกลีบดอก 4 อัน ติดกับกลีบเลี้ยง 4 อัน ยาว 6-8 มิลลิเมตร รังไข่มีขนาด 1.5-2.5 มิลลิเมตร ติดกับจานฐานดอก ออกดอกเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม

ผล มีรูปร่างกลมยาว แคบลงทางส่วนปลาย ยาว 3-8 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3.5 เซนติเมตร ผิวเปลือกของผลมีสีน้ำตาลอมเขียว ผิวค่อนข้างหยาบ ที่ปลายผลมีติ่งสั้นและแข็ง ฝักจะแทงออกมาจากส่วนปลายของผล มีสีเขียว ผิวขรุขระมีตุ่มขึ้นทั่วไปตลอดทั้งฝัก ออกตั้งแต่ผลยังติดอยู่บนต้น ฝักค่อนข้างตรงยาว 30-65 เซนติเมตร บางครั้งยาวถึง 85 เซนติเมตร ขนาด 1.4-1.9 x 30-80 เซนติเมตร โคนแหลม ช่วงแรกๆ ฝักจะติดอยู่กับผล แต่เมื่อฝักเริ่มแก่จะเจริญเติบโต

ออกมาอยู่นอกผล โดยจะถูกเชื่อมอยู่กับขั้วฝักหรือใบเลี้ยง (cotyledon) ซึ่งมีสีเขียวอมขาว ยาว 1.5-2 เซนติเมตร เมื่อฝักแก่เต็มที่ส่วนขั้วฝักจะมีสีเหลืองอ่อนๆ และฝักจะหลุดร่วงไปเอง ฝักจะแก่และร่วงหล่นในระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม

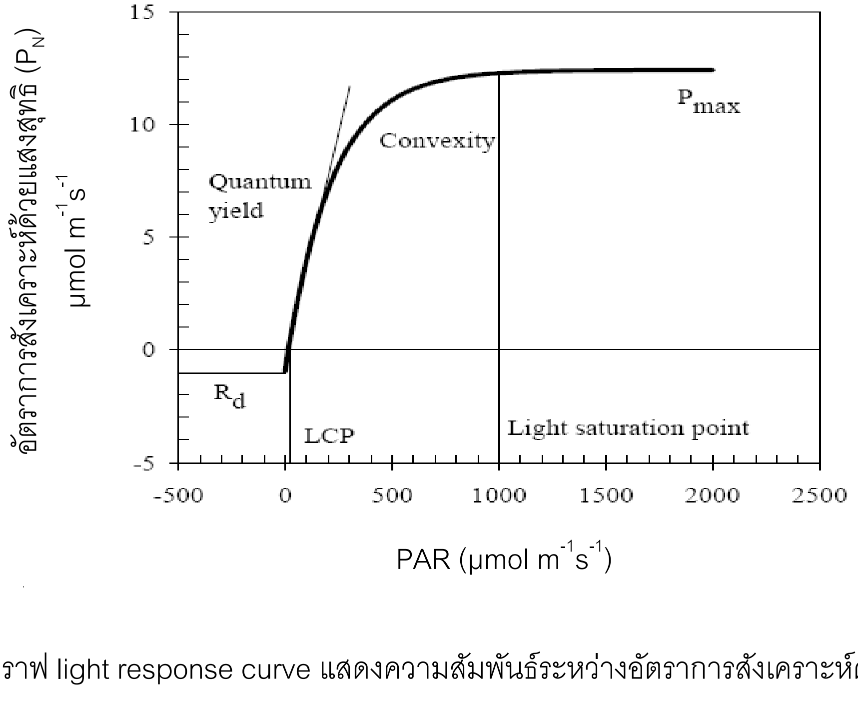
การกระจายพันธุ์ โกงกางใบใหญ่เป็นพืชที่ขึ้นอยู่ตามชายฝั่งทะเลและพบในป่าชายเลนทางตอนเหนือของแอฟริกา เกาะในมหาสมุทรอินเดีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ตะวันออกเฉียงเหนือของออสเตรเลีย และหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก สำหรับประเทศไทยพบได้ทั่วไปตามริมฝั่งแม่น้ำหรือชายฝั่งที่มีลักษณะเป็นดินเลนอ่อนและลึก มีน้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอเป็นระยะเวลานาน เช่น จันทบุรี ตราด ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร ตรัง สุราษฎร์ธานี เป็นต้น

2.4 การสังเคราะห์ด้วยแสง

การสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) เป็นกระบวนการที่พืชสีเขียวเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีมาใช้ในการสร้างอาหารจากโมเลกุลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ เป็นคาร์โบไฮเดรตคือน้ำตาลหรือแป้ง และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปมวลชีวภาพเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช รวมทั้งปลดปล่อยออกซิเจน (O_2) ออกมาให้สิ่งมีชีวิตอื่นสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมเพื่อสร้างสารประกอบที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544; Lawlor, 1993) ซึ่งประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงขึ้นอยู่กับปัจจัยทั่วไปสองประการ คือ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม และปัจจัยภายในของพืช

2.4.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

<u>แสง</u>



ภาพที่ 2.1 กราฟ light response curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (P_N) และแสง (PAR)

แสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก การสังเคราะห์ด้วยแสงและแสงมีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 2.1) โดยเมื่อพืชได้รับความเข้มแสงน้อยๆ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะต่ำ และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ความเข้มแสง ณ จุดที่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงอยู่ในภาวะสมดุล (อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ) เรียกว่า light compensation point (ภาพที่ 2.1) ซึ่งที่ความเข้มแสงนี้พืชจะไม่เจริญเติบโตแต่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่ถ้าความเข้มของแสงต่ำลงกว่านี้พืชจะตายไปในที่สุด โดย light compensation point ของพืชในป่าชายเลนหลายชนิดมีค่าประมาณ 10-50 µmol $m^{-1}s^{-1}$ (Ball and Critchley, 1982; Ong, *et al*., 1995; Krauss *et al*., 2006, Li *et al*., 2008) แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ และความเค็ม ก็ส่งผลต่อค่า light compensation point โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิและความเค็มสูงขึ้น จะส่งผลให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ light compensation point เพิ่มขึ้น (Glime, 2007; Qiu *et al.*, 2007) เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น พืชจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดที่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าสูงสุด (Maximum photosynthesis) และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะคงที่แม้ว่าความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นอีกก็ตาม เรียกความเข้มแสงระดับนี้ว่า จุดอิ่มตัวของแสง (light saturation point; ภาพที่ 2.1) สำหรับพืชในป่าชายเลนทั่วไป light saturation point มีค่าอยู่ระหว่าง 600-1,000 µmol $m^{-1}s^{-1}$ (Attiwill and Clough, 1980; Theuri *et al*., 1999) แต่ในการศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบเล็กในป่าชายเลนที่สถานีวิจัยป่าชายเลน Matang ประเทศมาเลเซีย พบว่า light saturation point มีค่าประมาณ 400 µmol $m^{-1}s^{-1}$ และพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีค่าประมาณ 23 µmol $m^{-1}s^{-1}$ (Ong *et al*., 1995) ขณะที่การศึกษาในพืชป่าชายเลนที่ Sundarban ประเทศอินเดีย พบว่า light saturation point ของพืชวงศ์ Avicenniaceae มีค่าอยู่ระหว่าง 1,340-1,685 µmol $m^{-1}s^{-1}$ ขณะที่พืชในวงศ์ Rhizophoraceae มีค่า light saturation point อยู่ระหว่าง 840-1,557 µmol $m^{-1}s^{-1}$ (Nandy and Ghose, 2005) และพบว่าในโปรงแดงและโกงกางใบใหญ่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดเท่ากับ 15.54 และ 15.49 µmol $m^{-1}s^{-1}$ ตามลำดับ

quantum yield คือจำนวนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบพืชสามารถตรึงได้ต่อหนึ่งโมลของแสงที่ตกกระทบใบพืช ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการใช้แสงของพืช (Taiz and

Zeiger, 2006) โดย quantum yield ของพืชต่างชนิดกันมีค่าแตกต่างกัน สำหรับในพืชป่าชายเลน เช่น การศึกษาของ Ball และ Critchley (1982) พบว่าแสมทะเลที่ออสเตรเลียมีค่า quantum yield ประมาณ 0.04 ขณะที่การศึกษาของ Chen และคณะ (2008) พบว่า quantum yield ของ *Sonneratia apetala* ลำพู (*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.) และแสมทะเล ในประเทศจีนที่เจริญในพื้นที่ต่างกันมีค่าแตกต่างกัน ที่เมือง Hainan มี quantum yield อยู่ในช่วง 0.053-0.073 แต่ในเมือง Shenzhen มี quantum yield อยู่ในช่วง 0.040-0.054

<u>อุณหภูมิ</u>

อุณหภูมิมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่อุณหภูมิสูงพบว่าเอนไซม์ ribulose bisphosphate oxygenase ทำงานได้ดี ขณะที่ ribulose bisphosphate carboxylase จะลดลง ทำให้ปฏิกิริยา carboxylation ลดลง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง ดังนั้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะมีค่าสูงเมื่ออุณหภูมิเหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ พืชแต่ละชนิดจะมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ด้วยแสงแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5-40 องศาเซลเซียส (Taiz and Zeiger, 2006; Lambers *et al.*, 2008) แต่ในพืชป่าชายเลนซึ่งมีการกระจายพันธุ์อยู่บริเวณเขตร้อนและกึ่งร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงจะมีค่าประมาณ 20-35 องศาเซลเซียส (Moore *et al.*, 1973; Andrews and Muller, 1985) สำหรับพืชในสกุล *Rhizophora* เช่น โกงกางใบเล็ก ทางตอนเหนือของควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าประมาณ 25 องศาเซลเซียส (Andrews *et al.,* 1984) และจากการศึกษาของ Moore และคณะ (1973) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้ *Rhizophora mangle* L. *Avicennia germinans* (L.) L. และฝาดดอกขาว (*Lumnitzera racemosa* Willd.) ที่ฟลอริดามีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดคือ 25 25 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น โดยเฉพาะแสง และน้ำ ทั้งนี้เมื่อความเข้มแสงสูงขึ้น อุณหภูมิมักจะสูงขึ้นพร้อมกัน อัตราการหายใจมีค่าสูงขึ้น และพืชเกิดภาวะขาดน้ำ ทำให้เกิดการปิดปากใบของพืช อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง (Pereira, 1993)

ความเค็มของน้ำในดิน

พืชที่เจริญในป่าชายเลนนั้นได้รับปัจจัยเกี่ยวกับการท่วมขังและการขึ้นลงของน้ำทะเล ซึ่งในน้ำทะเลมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่มาก จึงส่งผลต่อปริมาณโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออนในพืช โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออน จะทำให้เซลล์เกิดความเป็นพิษ การเพิ่มของโซเดียมไอออนจะขัดขวางการดูดซึมโพแทสเซียมไอออน และแคลเซียมไอออน ขณะที่การเพิ่มขึ้นของคลอไรด์ไอออนจะยับยั้งการนำเข้าของไนเตรตไอออน เนื่องจากถูกขนส่งผ่าน plasma membrane โดย carrier ตัวเดียวกัน จากนั้นโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนจะเคลื่อนย้ายเข้าสู่ใบต่อไปโดยแรงดึงเนื่องจากการคายน้ำ (Lambers *et al.*, 2008) การสะสมไอออนของเกลือในใบจะมีผลทำให้เกิดการยับยั้งกระบวนการทางชีวเคมีของการสังเคราะห์ด้วยแสง (Lovelock and Ball, 2002) เช่นในการศึกษาของ Li และคณะ (2008) พบว่าการสะสมโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนในใบรังกะแท้ (*Kandelia candel* (L.) Druce) เพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดลง เนื่องจากปริมาณโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนในใบที่เพิ่มขึ้นจะไปยับยั้งการทำงานของ photosystem II electron transport และ ribulose bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco)

แต่มีบางกรณีที่พบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ปริมาณของโซเดียมไอออนในใบกลับลดลง เนื่องจากมีปัจจัยเกี่ยวกับการท่วมขังของน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยรากที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมจะขาดออกซิเจน เป็นการจำกัดการหายใจของราก เอนไซม์ H^+- ATPase และ H^+ gradient ที่ plasma membrane จะลดลง ความสามารถในการขนส่งไอออนผ่าน plasma membrane จึงลดลง ทำให้การดูดซึมโพแทสเซียมไอออนลดลง การกำจัดโซเดียมไอออนถูกยังยั้ง ปริมาณโซเดียมไอออนในพืชจึงสูง (Colmer and Flowers, 2008) ซึ่งจากการศึกษาของ Naidoo (1985) พบว่าแสมทะเล (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh) และโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกในที่เค็มและมีน้ำท่วมขังจะมีปริมาณโซเดียมไอออนในยอดสูงกว่าที่ปลูกในที่เค็มและไม่มีน้ำท่วมขัง แต่ในพังกาหัวสุมดอกแดงพบว่าในที่เค็มและมีน้ำท่วมขังจะมีปริมาณโซเดียมไอออนในยอดต่ำกว่าที่ปลูกในที่เค็มและไม่มีน้ำท่วมขัง ต่อมา Naidoo และคณะ (1997) ได้ทำการศึกษาการท่วมขังของน้ำกับการสังเคราะห์

ด้วยแสงของแสมทะเล พบว่าแสมทะเลในที่มีน้ำท่วมขังกับไม่มีน้ำท่วมขัง มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่แตกต่างกัน

ความเค็มยังส่งผลต่อค่าการนำที่ปากใบของพืช ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ปากใบได้น้อยลง ส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชจึงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง มีการศึกษาผลของความเค็มกับการสังเคราะห์ด้วยแสงและค่าการนำที่ปากใบของพืชป่าชายเลนหลายชนิด เช่น แสมทะเล และเล็บมือนาง (*Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco) ที่ปลูกในเรือนทดลองพบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ค่าการนำที่ปากใบ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ลดลง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลง (Ball and Farquhar, 1984) เช่นเดียวกับในฝาดดอกขาวที่ปลูกในเรือนทดลองพบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ค่าการนำที่ปากใบลดลง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลง เนื่องจากการลดลงของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์เช่นเดียวกัน (Sobrado, 2005) การศึกษาในพืชป่าชายเลนหลายชนิดที่เจริญในสภาพธรรมชาติที่มีความเค็มต่างกัน 6 พื้นที่ ทางตอนเหนือของประเทศออสเตรเลียและปาปัวนิกินี เช่น พังกาหัวสุม (*Bruguiera* spp.) ตะบูน (*Xylocarpus* spp.) และโกงกาง (*Rhizophora* spp.) เป็นต้น พบว่าในพื้นที่ที่มีความเค็มต่างกัน ค่าการนำของปากใบจะมีค่าแตกต่างกัน โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเค็มของพื้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงมีค่าลดลง (Clough and Sim, 1989) แต่ในการศึกษาของ Tuffer และคณะ (2001) ที่ศึกษาผลของความเค็มต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของแสมทะเลในแอฟริกาใต้ที่อ่าว Durban (ความเค็ม 35 ppt) และ Beachwood (ความเค็ม < 12 ppt) กลับพบว่าค่าการนำที่ปากใบของแสมทะเลในอ่าว Durban ซึ่งมีความเค็มสูง มีค่าสูงกว่าค่าการนำที่ปากใบที่ Beachwood ซึ่งมีความเค็มต่ำกว่า ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของแสมทะเลในอ่าว Durban มีค่าสูงกว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ Beachwood สำหรับโกงกางใบใหญ่มีการศึกษาพบว่าค่าการนำที่ปากใบลดลง เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลงเช่นเดียวกับพืชในป่าชายเลนชนิดอื่น (Khan and Aziz, 2001)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าค่าการนำของปากใบที่ลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ทำให้ลดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์แล้ว ยังลดอัตราการคายน้ำอีกด้วย ส่งผลให้พืชมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency) เพิ่มขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพการใช้น้ำเป็น

ค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากการคายน้ำ หรืออัตราส่วนของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่นำมาใช้สังเคราะห์ด้วยแสงต่อการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำ (Lambers *et al.*, 2008) โดยประสิทธิภาพการใช้น้ำจะคำนวณได้ 2 แบบ คือคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดต่ออัตราการคายน้ำ หรืออัตราส่วนระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดต่อค่าการนำที่ปากใบ การศึกษาของ Youssef (2007) พบว่าปอทะเล (*Hibiscus tiliaceus* L.) ที่ปลูกในเรือนทดลอง ที่เจริญในที่ไม่มีความเค็ม (0 ppt) จะมีประสิทธิภาพการใช้น้ำน้อย โดยมีค่าประมาณ 3.20 mmol CO_2 mol^{-1} H_2O แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นถึง 30 ppt พบว่าปอทะเลมีประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้นเป็น 8.93 mmol CO_2 $mol^{-1}H_2O$ ขณะที่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลงจาก 38.0 µmol $m^{-1}s^{-1}$ เหลือเพียง 13.5 µmol $m^{-1}s^{-1}$ เนื่องจากการปิดปากใบของพืช เพื่อลดการคายน้ำ คล้ายกับโกงกางใบใหญ่ทางตอนเหนือของประเทศออสเตรเลียและปาปัวนิวกินีที่เจริญที่ความเค็มต่ำประมาณ 10 ppt พบว่ามีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำกว่าที่เจริญในที่มีความเค็มประมาณ 25 ppt แต่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่แตกต่างกัน (Clough and Sim, 1989)

<u>ธาตุอาหารในดิน</u>

ธาตุอาหารในดินมีความจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น โพแทสเซียมมีผลต่อการควบคุมการเปิดปิดของปากใบ แมกนีเซียมและไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน หากขาดธาตุไนโตรเจน ปริมาณเอนไซม์ Rubisco และคลอโรฟิลล์จะลดลง ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552; Schulze and Caldwell, 1985; Anten *et al.*, 1996) ซึ่งแหล่งไนโตรเจนที่พืชนำมาใช้มาจากสารประกอบไนเตรตในดิน แต่เนื่องจากพืชป่าชายเลนได้รับอิทธิพลจากความเค็มของน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อการดูดซึมไนเตรตไอออน โดยคลอไรด์ไอออนจะยับยั้งการนำเข้าของไนเตรตไอออน (Lambers *et al.*, 2008) ดังเช่นในโกงกางใบเล็กที่เจริญที่ความเค็มประมาณ 30 ppt พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุด และปริมาณไนโตรเจนในใบจะลดลงเมื่อความเค็มสูงกว่า 30 ppt ขณะที่เหงือกปลาหมอดอกม่วง (*Acanthus ilicifolius* Linn.) ที่เจริญ

ที่ความเค็มประมาณ 18 ppt ปริมาณไนโตรเจนในใบจะมากที่สุด และลดลงเมื่อความเค็มสูงกว่า 18 ppt เนื่องจากการยับยั้งการนำเข้าของไนเตรตไอออนโดยคลอไรด์ไอออน (Sivanadanam *et al*., 2011) นอกจากนี้มีการศึกษาใน *Rhizophora stylosa* พบว่าความเค็มที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซึมไนโตรเจนและทำให้ *R. stylosa* มีการสะสมปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุดมีค่าอยู่ในช่วง 15-20 ppt โดยพบว่าในช่วงความเค็ม 0-15 ppt การสะสมปริมาณไนโตรเจนในใบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีการสะสมมากที่สุดในช่วงความเค็ม 15-20 ppt และการสะสมปริมาณไนโตรเจนในใบจะค่อยๆ ลดลงเมื่อความเค็มมีค่าสูงกว่า 20 ppt (Peng, 2011) Kho และคณะ (2001) ศึกษาผลของความเค็ม 3 ระดับ คือ 5 15 และ 25 ppt ควบคู่กับปริมาณไนโตรเจนในดิน 2 ระดับ คือ 0.1 และ 0.01 มิลลิโมลาร์ ต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของรังกระแท้ พบว่าที่ปริมาณไนโตรเจนในดินต่ำคือ 0.01 มิลลิโมลาร์ เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ปริมาณไนโตรเจนในใบจะเพิ่มขึ้น แต่ที่ปริมาณไนโตรเจนในดินสูงคือ 0.1 มิลลิโมลาร์ เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ปริมาณไนโตรเจนในใบที่ความเค็ม 15 ppt มีค่ามากที่สุด ขณะที่ความเค็ม 25 ppt กลับพบว่าปริมาณไนโตรเจนลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าเพิ่มขึ้น Lovelock และ Feller (2003) พบว่าไนโตรเจนมีผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของ *A. germinans* ที่เกาะฮัทชินสัน รัฐฟลอริดามีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากปริมาณไนโตรเจนในใบที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ Rubisco แต่ในฝาดดอกขาวพบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

นอกจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ฤดูกาลก็มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชป่าชายเลนมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากความเข้มแสง อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล โดยในฤดูแล้งอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่าในฤดูฝน เช่น Lin และ Stenberg (1992) ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของ *R. mangle* ที่เจริญใกล้ชายฝั่งและเจริญห่างจากชายฝั่งชูการ์โลฟคีย์ เมืองมอนโร รัฐฟลอริดาใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูแล้ง และฤดูฝน พบว่าในฤดูแล้ง *R. mangle* ที่เจริญห่างจากชายฝั่งมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำกว่าที่เจริญใกล้ชายฝั่งซึ่งเป็นผลมาจากในฤดูแล้งพื้นที่ที่อยู่ห่างจากชายฝั่งจะมีความเค็มสูงกว่าพื้นที่ที่อยู่ใกล้ชายฝั่งเนื่องจากการระเหยของน้ำ แต่ในฤดูฝนพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่แตกต่างกัน เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนที่ทำให้ความเค็มของทั้งสองพื้นที่ลดลง

Sobrado และคณะ (1999) พบว่า *A. germinans* ที่ Bocaina Lagoon ประเทศเวเนซุเอลา มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในฤดูแล้งต่ำกว่าฤดูฝน เนื่องจากในฤดูแล้งน้ำมีความเค็มสูงกว่าในฤดูฝน จึงมีการสะสมเกลือภายในเซลล์มาก นำไปสู่การลดลงของเอนไซม์แอกทิวิตี อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง และการศึกษาของ Theuri และคณะ (1999) พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่และโปรงแดงในป่าชายเลนรุ่นสอง ประเทศเคนย่า ในฤดูแล้งมีค่าต่ำกว่าในฤดูฝน เนื่องจากในฤดูแล้งเกิดสภาวะขาดน้ำ พืชจึงปิดปากใบเพื่อรักษาน้ำ ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่เซลล์ได้น้อย อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง

2.4.2 ปัจจัยภายในของพืช

<u>พื้นที่ใบและลักษณะทางกายวิภาคของใบ</u>

ใบของพืชทำหน้าที่เป็น photosynthetic area รองรับพลังงานแสงและดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (specific leaf area, SLA) หรืออัตราส่วนพื้นที่ใบต่อน้ำหนักใบแห้งจึงเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยพบว่าเมื่อค่าเฉพาะพื้นที่ใบลดลง ทำให้พื้นที่ในการรับแสงและการแพร่ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยาคาร์บอกซิเลชั่นลดลง (Hanba *et al.*, 1999) มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชหลายชนิดมีค่าลดลงด้วย (Gulías *et al.*, 2003) ในการศึกษาของ Nandy และคณะ (2007) พบว่าในพืชป่าชายเลน 5 ชนิด ได้แก่ พังกาหัวสุมดอกแดง ตาตุ่มทะเล (*Excoecaria agallocha* L.) หงอนไก่ใบเล็ก (*Heritiera fomes* Buch.-Ham.) เป้งทะเล (*Phoenix paludosa* Roxb.) และตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum* K. D. Koenig) มีค่าเฉพาะพื้นที่ใบลดลง เมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น ยกเว้นในพังกาหัวสุมดอกแดงที่พบว่าค่าเฉพาะพื้นที่ใบลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งการลดลงของค่าเฉพาะพื้นที่ใบจะเกี่ยวข้องกับการลดลงของพื้นที่ใบ และการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักใบแห้ง เนื่องจากความหนาของใบที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีความสัมพันธ์กับค่าเฉพาะพื้นที่ใบ โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดลง เมื่อค่าเฉพาะพื้นที่ใบลดลง

สำหรับลักษณะทางกายวิภาคของใบ เนื่องจากพืชป่าชายเลนเจริญในบริเวณที่มีความเค็ม ทำให้มีการปรับตัวโดยมีความหนาของใบเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสะสมน้ำมากขึ้น ส่งผลให้ความหนาของชั้น mesophyll ลดลง ซึ่งทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลง (Nandy *et al.*, 2007; Borkar *et al.*, 2009) อย่างเช่นการศึกษาของ Borkar และคณะ (2009) พบว่าแสมทะเลที่ Thane creek ซึ่งอยู่ทางชายฝั่งตอนใต้ของอินเดีย มีความหนาของชั้น palisade parenchyma และ spongy parenchyma ในฤดูแล้ง (ความเค็ม 31.2 ppt) น้อยกว่าฤดูมรสุม (ความเค็ม 16.1 ppt) และการศึกษาของ Parida และคณะ (2004) พบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ความหนาของใบถั่วดำ (*Bruguiera parviflora* Wight & Arn.ex Griff.) ที่ปลูกในเรือนทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ความหนาของชั้น mesophyll ลดลง เนื่องจากความยาวของ palisade cell ลดลง ขนาดของ spongy cell ลดลง และพบว่าช่องว่างระหว่าง spongy cell ลดลงด้วย ซึ่งอาจจะส่งผลให้ mesophyll conductance ลดลง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Nandy และคณะ (2005) ที่พบว่าในพืชป่าชายเลนหลายชนิดเมื่อความหนาของชั้น mesophyll เพิ่มขึ้น ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชป่าชายเลนหลายชนิดใน Sundarban มีค่าเพิ่มขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นป่าปลูกโกงกางใบใหญ่ บริเวณอ่าวทุ่งคา-สวี อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร (10° 22´N, 99° 8´E) (ภาพที่ 3.1) ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของสถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 12 (สวี ชุมพร)

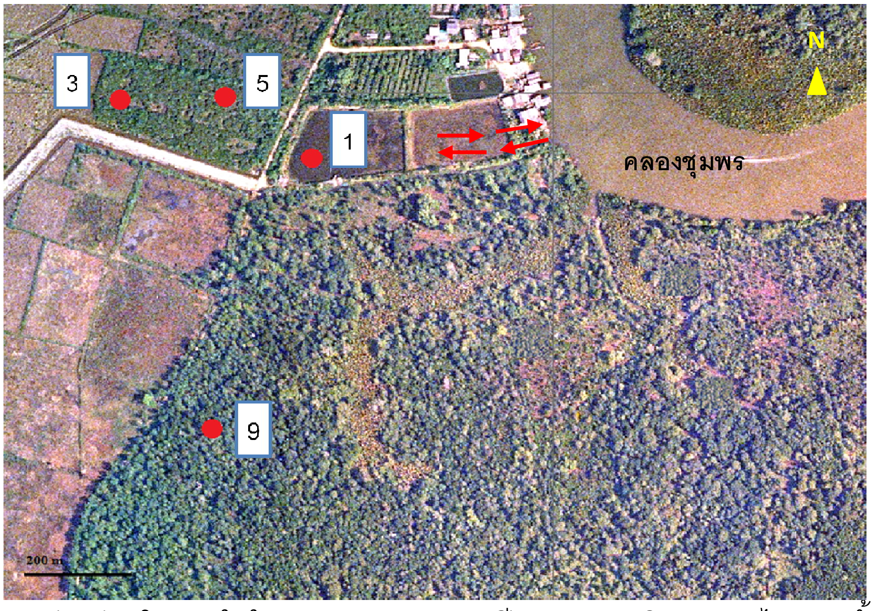
อ่าวทุ่งคา-สวี มีลักษณะเป็นหาดเลนเกิดจากชายฝั่งทะเลที่ยกตัว มีการทับถมของตะกอนปากแม่น้ำซึ่งเป็นตะกอนดินเลนหรือดินทรายปนโคลน และมีแนวป่าชายเลนขึ้นปกคลุมบริเวณรอบอ่าว แนวป่าชายเลนรอบอ่าวทุ่งคา-สวีมีความยาวมากกว่า 20 กิโลเมตร มีพื้นที่ป่าชายเลนประมาณ 28,300 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง และอำเภอสวี มีลำคลองไหลผ่านหลายสาย ได้แก่ คลองสวีหนุ่ม คลองสวีเฒ่า คลองวิสัย คลองชุมพร เป็นต้น ซึ่งนำตะกอนดินและแร่ธาตุไหลลงสู่อ่าว เพิ่มความอุดมสมบูรณ์บริเวณอ่าวและป่าชายเลนเป็นอันมาก (ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนกลาง, 2552)

ในอดีตป่าชายเลนบริเวณนี้ ส่วนใหญ่เป็นป่าสัมปทานทำให้มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าชายเลนมากจนกลายเป็นป่าเสื่อมโทรม เช่น การใช้ประโยชน์จากไม้โดยการเผาถ่าน การสร้างที่อยู่อาศัย ขุดคลองระบายน้ำ สร้างถนน และทำนากุ้ง ภายหลังได้มีการยกเลิกสัมปทาน ทำให้มีพื้นที่ที่ถูกปล่อยรกร้างจำนวนมาก ซึ่งต่อมาได้มีการปลูกพื้นฟูป่าชายเลนบริเวณนี้ ทำให้ปัจจุบันป่าชายเลนบริเวณอ่าวทุ่งคา-สวีมีทั้งป่าธรรมชาติและป่าปลูก (ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนกลาง, 2552) เปลี่ยนเป็นระบบนิเวศที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นแหล่งอาหารให้กับชุมชนในท้องถิ่น โดยเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์น้ำตามธรรมชาติที่สมบูรณ์และให้ผลผลิตสูง ในด้านผลผลิตจากป่าไม้ มีการนำไม้ป่าชายเลนไปใช้ประโยชน์ เช่น ทำฟืน เสาเข็ม เครื่องมือประมงต่างๆ นอกจากนี้ยังมีการนำพืชป่าชายเลนมาใช้ประโยชน์ในด้านสมุนไพรอีกด้วย

ภาพที่ 3.1 พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอ่าวทุ่งคา-สวี อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร (จาก maps.google.com)

ป่าปลูกโกงกางใบใหญ่ที่ศึกษาประกอบด้วยแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุต่างกัน ได้แก่ แปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี โดยแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี เดิมเป็นพื้นที่นากุ้งร้างที่ยังคงลักษณะเป็นบ่อ มีคันดินล้อมรอบ (ภาพที่ 3.2) อยู่ติดกับคลองชุมพรที่ไหลลงสู่อ่าวทุ่งคา-สวี (ภาพที่ 3.3) จึงได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเล การไหลเข้า-ออกของน้ำบริเวณแปลงจะไหลผ่านท่อขนาดใหญ่ ในขณะที่แปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 3 5 และ 9 ปี ซึ่งเดิมเป็นพื้นที่รกร้างจากการตัดไม้ป่าชายเลนไปใช้ประโยชน์ จะอยู่ถัดจากแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี เข้าไปด้านใน โดยมีถนนกั้นระหว่างแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี กับแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 3 5 และ 9 ปี (ภาพที่ 3.3) และมีคลองเล็กๆ ขนานกับถนน

ภาพที่ 3.2 ลักษณะแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี เดิมเป็นพื้นที่นากุ้งร้าง มีคันดินล้อมรอบ



ภาพที่ 3.3 แปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ⟵ แสดงทิศทางการไหลของน้ำ (จาก maps.google.com) จุดสีแดงคือตำแหน่งของหอสูงที่ใช้วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา

อ่าวทุ่งคา-สวีอยู่ในเขตมรสุมเขตร้อน จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาของสถานีตรวจอากาศชุมพรในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ.2523-2552 และในระหว่างทำการศึกษาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2554 มีลักษณะภูมิอากาศดังนี้

<u>ปริมาณน้ำฝน</u>

ระหว่างปี พ.ศ.2523-2552 สถานีตรวจอากาศชุมพรมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,868.6 มิลลิเมตรต่อปี โดยเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 297.9 มิลลิเมตร เดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 48.3 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงสามารถแบ่งฤดูกาลของพื้นที่ศึกษาโดยใช้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนได้ 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้งตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน และฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคม (ภาพที่ 3.4) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูแล้งมีค่าเท่ากับ 293.3 มิลลิเมตร คิดเป็น 15.5 เปอร์เซ็นต์ และฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 1,603.3 มิลลิเมตร คิดเป็น 84.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ปริมาณน้ำฝนที่สถานีตรวจอากาศชุมพรตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2554 มีค่า 1,828.6 มิลลิเมตร โดยในเดือนมีนาคมมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดคือ 470.6 มิลลิเมตร และในเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดคือ 0.4 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3.5) ปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 1,292.6 มิลลิเมตร คิดเป็น 70.7 เปอร์เซ็นต์ และฤดูแล้งมีค่าเท่ากับ 536.0 มิลลิเมตร คิดเป็น 29.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

<u>ความชื้นสัมพัทธ์</u>

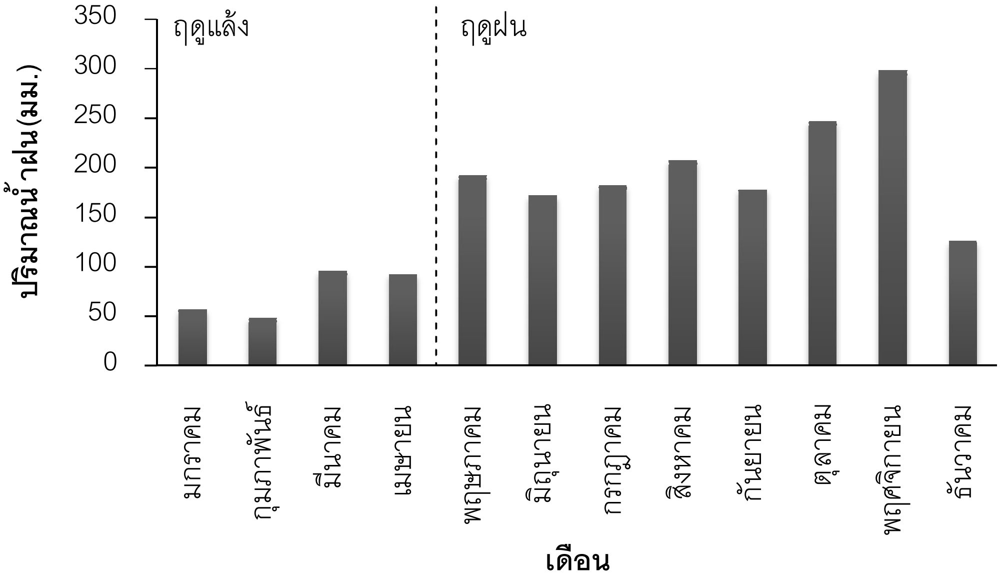
ระหว่างปี พ.ศ.2523-2552 สถานีตรวจอากาศชุมพรมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่อปีคือ 80.5 เปอร์เซ็นต์ โดยเดือนตุลาคมมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดคือ 84.7 เปอร์เซ็นต์ เดือนมีนาคมและเดือนเมษายนมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุดคือ 77.2 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3.6)

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่สถานีตรวจอากาศชุมพรตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2554 มีค่า 80.9 เปอร์เซ็นต์ โดยเดือนพฤศจิกายนมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือ 85.4 เปอร์เซ็นต์ และเดือนกุมภาพันธ์มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือ 77.4 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3.7)

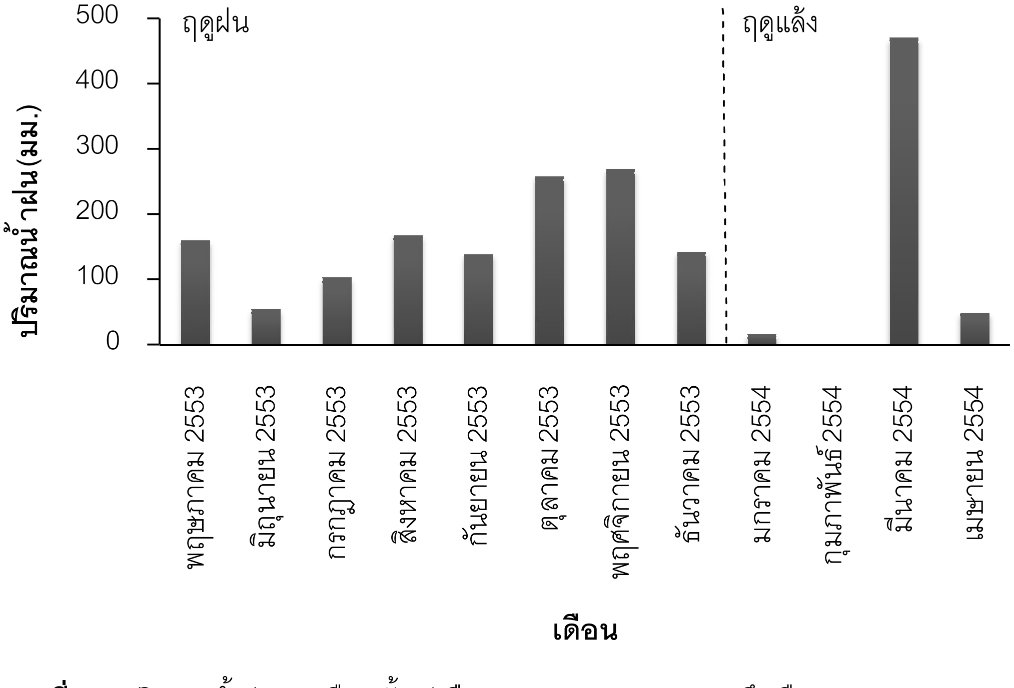
<u>อุณหภูมิ</u>

ระหว่างปี พ.ศ.2523-2552 สถานีตรวจอากาศชุมพรมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.5 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 34.3 และ 21.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี พ.ศ.2523-2552 พบว่าเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดคือ 29.3 องศาเซลเซียส และเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดคือ 25.6 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3.8)

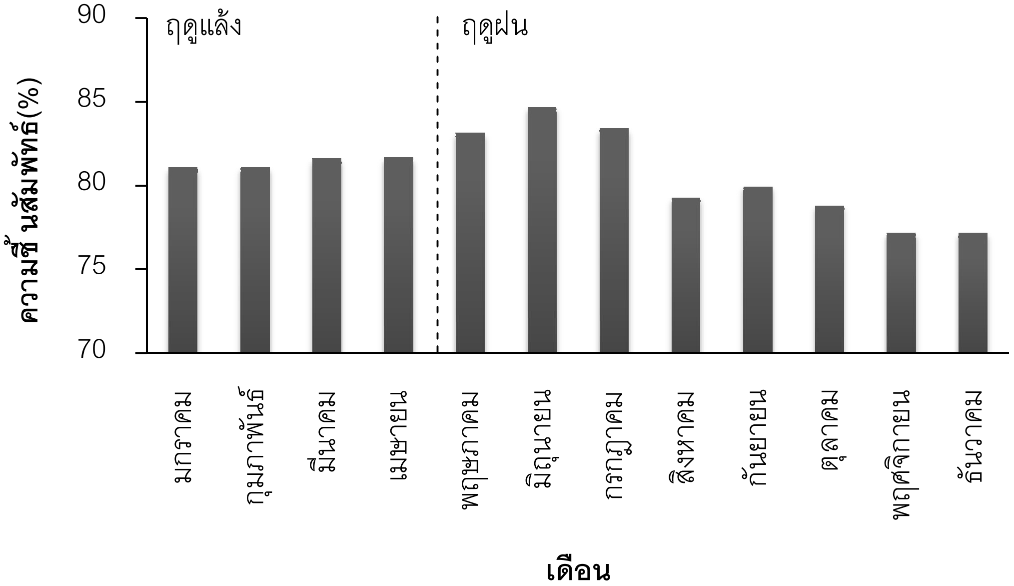
อุณหภูมิเฉลี่ยที่สถานีตรวจอากาศชุมพรตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2554 มีค่า 27.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 31.7 และ 24.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยเดือนพฤษภาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 29.3 องศาเซลเซียส และเดือนมกราคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 25.8 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3.9)



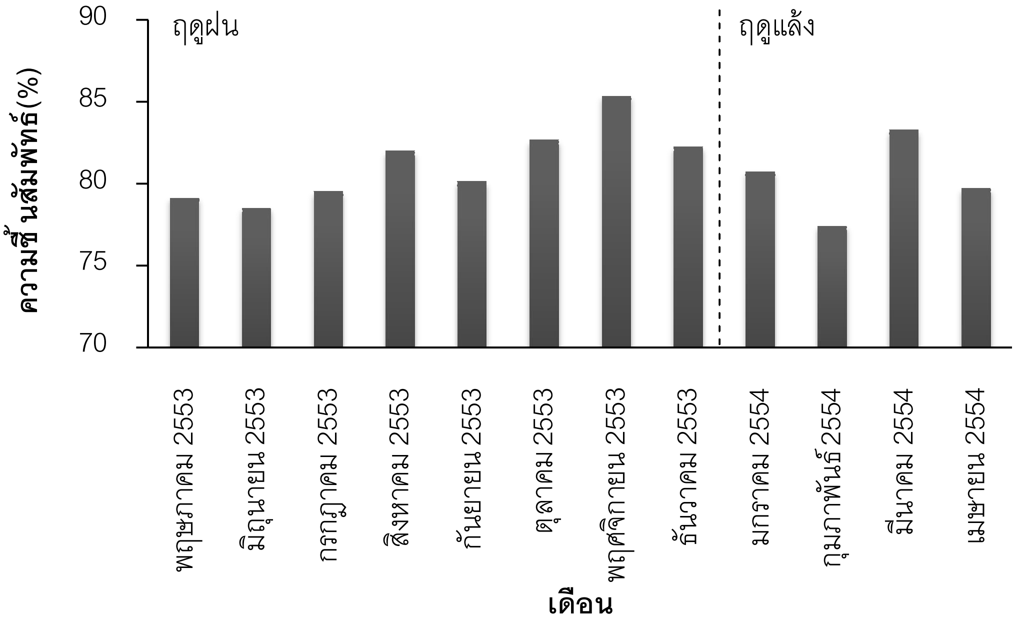
ภาพที่ 3.4 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วง พ.ศ.2523-2552 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)



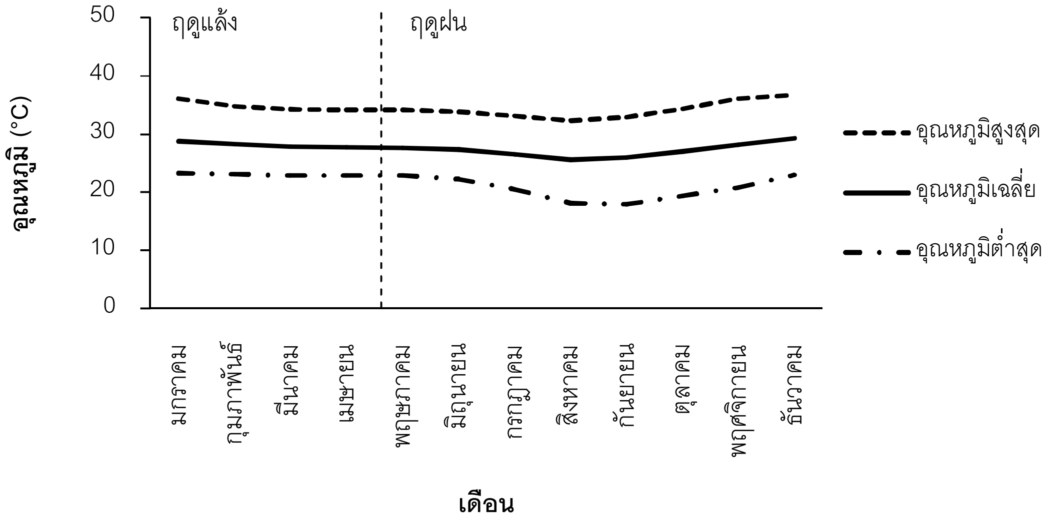
ภาพที่ 3.5 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2554 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)



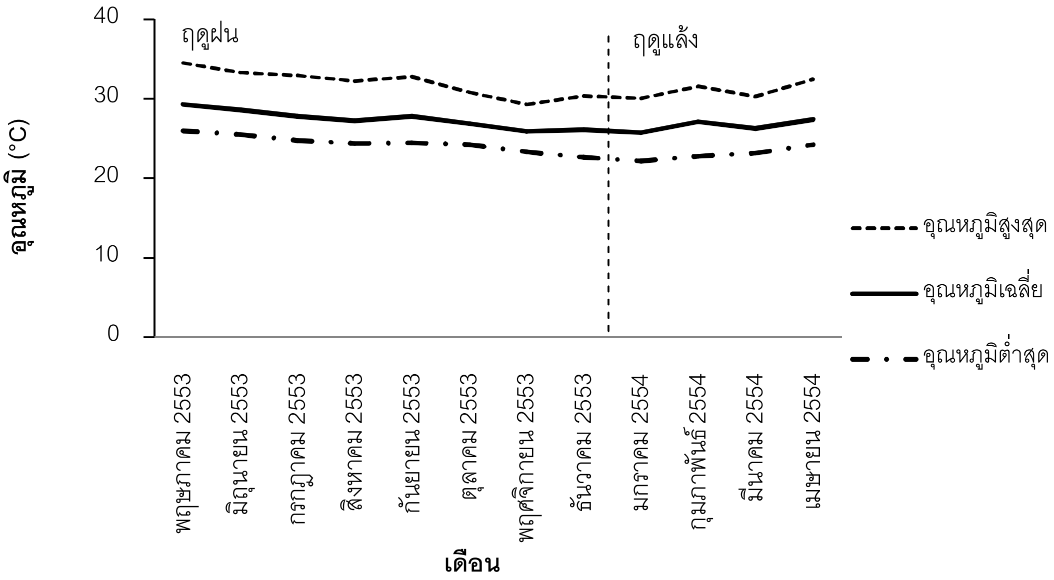
ภาพที่ 3.6 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนในช่วง พ.ศ.2523-2552 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)



ภาพที่ 3.7 ความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2554 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)



ภาพที่ 3.8 อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดรายเดือนในช่วง พ.ศ.2523-2552 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)



ภาพที่ 3.9 อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุดรายเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2554 ของสถานีตรวจอากาศชุมพร (กรมอุตุนิยมวิทยา, ประเทศไทย)

3.2 โครงสร้างป่าปลูกโกงกางใบใหญ่

วางแปลงศึกษาขนาด 25 x 25 ตารางเมตร ในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี จากนั้นวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงเหนือคอราก 30 เซนติเมตร ($D_{R0.3}$) ความสูงของต้น (H) และวัดการปกคลุมเรือนยอด โดยวิธี The Crown Cover Method (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974)

การวิเคราะห์โครงสร้างป่า

คำนวณหาความหนาแน่นของต้นไม้

ความหนาแน่นของต้นไม้ = จำนวนต้นไม้ทั้งหมด / พื้นที่แปลง (เฮกแตร์)

ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงเหนือคอราก 30 เซนติเมตร ($D_{R0.3}$)

ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงเหนือคอราก 30 เซนติเมตร

= ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูงเหนือคอราก 30 เซนติเมตรทั้งหมด / จำนวนต้นไม้ทั้งหมด

ค่าเฉลี่ยความสูง (H)

ค่าเฉลี่ยความสูง = ผลรวมความสูงทั้งหมด / จำนวนต้นไม้ทั้งหมด

คำนวณการปกคลุมเรือนยอดต่อพื้นที่แปลง

การปกคลุมเรือนยอดต่อพื้นที่แปลง = ผลรวมของการปกคลุมเรือนยอดทั้งหมด / พื้นที่แปลง (เฮกแตร์)

การปกคลุมเรือนยอดแต่ละต้น = $((d1 + d2)/4)^2\ (22/7)$

d1 และ d2 คือเส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดที่วัดจากจุดหนึ่งของเรือนยอดผ่านจุดศูนย์กลางไปยังอีกด้านหนึ่งของเรือนยอด 2 ครั้ง ในทิศทางตั้งฉากกัน

คำนวณพื้นที่หน้าตัดของลำต้นต่อพื้นที่แปลง

พื้นที่หน้าตัดของลำต้นต่อพื้นที่แปลง = $\frac{\text{พื้นที่หน้าตัดของลำต้นทั้งหมด}}{\text{พื้นที่แปลง (เฮกแตร์)}}$

พื้นที่หน้าตัดของลำต้น = (22/7) (เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น/2)^2

3.3 การสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่

3.3.1 Light response curve

ศึกษา light response curve ของใบโกงกางใบใหญ่ เพื่อหา light saturation point และนำไปใช้ในการศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด โดยสร้างหอสูงถึงระดับเรือนยอดเพื่อใช้ในการศึกษา (ภาพที่ 3.10) จากนั้นเลือกใบที่ได้รับแสงเต็มที่ จากส่วนบนของเรือนยอดที่เจริญเต็มที่และมีลักษณะสมบูรณ์ ประมาณคู่ที่ 2-3 ของกิ่ง ต้นละ 3 ใบ จำนวน 4 ต้น วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ด้วยเครื่อง portable photosynthesis system (LI-6400, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) ซึ่งต่อกับ leaf chamber มาตรฐานที่ติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงคือ 6400-2B LED (ภาพที่ 3.11) โดยให้ Photosynthetically active radiation (PAR) ที่ระดับต่างๆ ได้แก่ 2,000 1,500 1,200 1,000 800 500 200 100 50 25 และ 0 µmol $m^{-2}s^{-1}$ (Krauss *et al*., 2006; Suwa and Hagihara, 2008) กำหนดปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 360 ppm และควบคุมอุณหภูมิใน chamber ประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส (Kenzo *et al*., 2006) ทำการศึกษาใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง ฤดูกาลละ 3 ครั้ง ในช่วงเช้า เวลา 7.00-11.00 น. โดยแต่ละครั้งที่ทำการศึกษาจะวัดที่ใบคู่ที่ 2-3 ของกิ่งเสมอ บันทึกข้อมูลอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (P_n) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) และสร้าง light response curve ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิกับ PAR โดยใช้สมการ non-rectangular hyperbola (Johnson *et al*., 1989)

$$P_n = \frac{\alpha I + P_{max} - \sqrt{(\alpha I + P_{max})^2 - 4\alpha I \theta P_{max}}}{2\theta} - R_d$$

โดย P_n = อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (μmol m^{-2} s^{-1})

I = Photosynthetically active radiation (μmol m^{-2} s^{-1})

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

α = quantum yield

θ = convexity coefficiency, $0 < \theta < 1$

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

จากนั้นคำนวณค่า light compensation point โดยกำหนดให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (P_n) เท่ากับ 0 และคำนวณค่า light saturation point โดยกำหนดให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (P_n) เป็น 90 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ตามวิธีของ Hölscher และคณะ (2006)

3.3.2 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

เลือกใบโกงกางใบใหญ่ตำแหน่งเดียวกับที่ศึกษา light response curve ต้นละ 3 ใบ จำนวน 4 ต้น วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด ด้วยเครื่อง portable photosynthesis system (LI-6400, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) ซึ่งต่อกับ leaf chamber มาตรฐานที่ติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงคือ 6400-02B LED โดยให้ Photosynthetically active radiation (PAR) สูงกว่า light saturation point (Gulias *et al.*, 2003) ที่คำนวณได้จากข้อ 1 กำหนดปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 360 ppm และควบคุมอุณหภูมิใน chamber ประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส (Kenzo *et al.*, 2006) ทำการศึกษาใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง ฤดูกาลละ 3 ครั้ง ในช่วงเช้า เวลา 9.00-11.00 น. บันทึกข้อมูลอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) อัตราการคายน้ำ (T_r) และคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency, WUE) จากอัตราส่วนระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) กับอัตราการคายน้ำ (T_r) (Lovelock and Feller, 2003)

3.3.3 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index, LAI)

เลือกต้นโกงกางใบใหญ่ในแต่ละแปลงปลูกประมาณ 4-6 ต้น แบ่งชั้นความสูงของเรือนยอดชั้นละ 1 เมตร และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบจำนวน 30 ใบต่อชั้น นำมาหาพื้นที่ใบโดยการสแกน (EPSON STYLUS TX111, AMERICA) และคำนวณด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS3 (Preecha *et al.,* 2011) นำใบไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำหนักคงที่ นำมาชั่งและบันทึกน้ำหนัก จะได้อัตราส่วนพื้นที่ใบต่อน้ำหนักใบแห้ง (Specific leaf area, SLA) จากนั้นทำการประมาณน้ำหนักของใบทั้งหมดในเรือนยอด (W_L) โดยใช้สมการ common allometry (Komiyama *et al.*, 2005)

$$W_L = 0.135\rho D_B^{1.696}$$

โดย W_L = น้ำหนักใบแห้ง (กิโลกรัม)

ρ = ความหนาแน่นของเนื้อไม้ (0.701 ตันต่อลูกบาศก์เมตร)

D_B = เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับต่ำกว่ากิ่งแรกที่มีชีวิต (เซนติเมตร)

คำนวณหาดัชนีพื้นที่ใบจากอัตราส่วนพื้นที่ใบต่อน้ำหนักใบแห้ง (SLA) และน้ำหนักใบทั้งหมดที่ได้จากสมการต่อพื้นที่ปกคลุมของโกงกางใหญ่

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 3.10 หอสูงที่ใช้ศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่ (ก) อายุ 1 ปี สูง 1 เมตร (ข) อายุ 3 ปี สูง 3.5 เมตร (ค) อายุ 5 ปี สูง 4 เมตร และ (ง) อายุ 9 ปี สูง 7 เมตร

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.11 เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (ก) portable photosynthesis system (LI-6400, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) และ (ข) leaf chamber

3.4 ปัจจัยภายในบางประการของโกงกางใบใหญ่

3.4.1 ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (Specific Leaf Area, SLA) และปริมาณไนโตรเจนในใบ

เก็บใบโกงกางใบใหญ่ในตำแหน่งเดียวกับที่วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดทั้ง 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง ฤดูกาลละ 4 ซ้ำ นำมาหาพื้นที่ใบ จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำมาชั่งและบันทึกน้ำหนัก คำนวณค่าเฉพาะพื้นที่ใบจากอัตราส่วนพื้นที่ใบต่อน้ำหนักใบแห้ง (Nebel *et al*., 2001) จากนั้นนำใบโกงกางใบใหญ่อบแห้งที่ได้จากการคำนวณค่าเฉพาะพื้นที่ใบมาหาปริมาณไนโตรเจนโดยใช้วิธี Kjeldahl Method (Jackson, 1973)

3.4.2 ปริมาณโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออนในใบ

นำใบโกงกางใบใหญ่อบแห้งที่ได้จากการคำนวณค่าเฉพาะพื้นที่มาหาปริมาณโซเดียมไอออนด้วยเครื่อง atomic absorbtion spectrophotometer และปริมาณคลอไรด์ไอออนด้วยวิธี silver titration (Chen *et al*., 2001)

3.4.3 ลักษณะทางกายวิภาคของใบ

เก็บใบโกงกางใบใหญ่ในตำแหน่งเดียวกับที่ทำการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงทั้ง 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง ฤดูกาลละ 4 ซ้ำ มาตัดตามขวางแบบตัดสด ด้วยเครื่อง plant microtome (Automatic MT3, Japan Medical, Tokyo, Japan) ถ่ายรูปภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จากนั้นวัดความหนาของใบ ความหนาของชั้น hypodermis และความหนาของชั้น mesophyll ซึ่งประกอบไปด้วยความหนาของชั้น palisade parenchyma และความหนาของชั้น spongy parenchyma (Gratani and Bombelli, 1999)

3.5 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

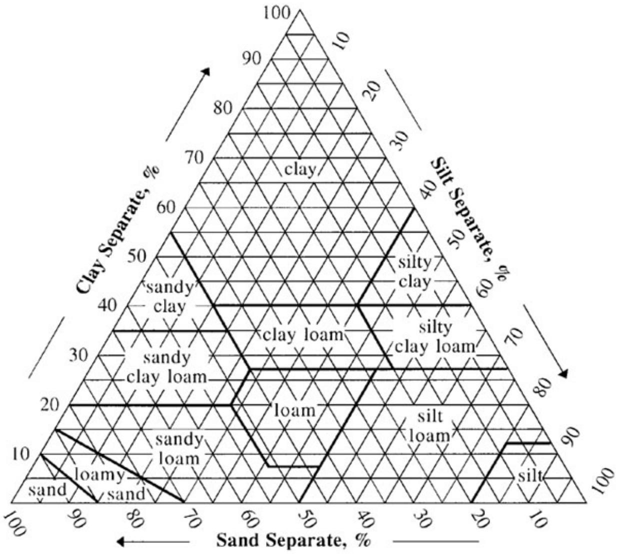
3.5.1 คุณสมบัติของน้ำในดิน

เก็บตัวอย่างน้ำในดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จำนวน 3 จุด จากทุกแปลงศึกษา นำมาวัดความเค็ม ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า ด้วย Portable Multiparameter Meter (sessION 156, Hach Company, USA) (ภาพที่ 3.12) ทำการศึกษาใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง ฤดูกาลละ 3 ครั้ง

3.5.2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จำนวน 3 จุด จากทุกแปลงศึกษา ผึ่งตัวอย่างดินที่อุณหภูมิห้องจนแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงสแตนเลสขนาดตา 2 และ 0.5 มิลลิเมตร (Endecotts Ltd. Longon, England) แล้วจึงนำมาวิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธี Hydrometer method (Bouyoucos, 1926) สัดส่วนของดินที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแผนภาพสามเหลี่ยมจำแนกชนิดดินเพื่อจำแนกลักษณะเนื้อดิน (United States Department of Agriculture) (ภาพที่ 3.13) ความเป็นกรดด่างของดิน จะใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 วัดค่าความเป็นกรดด่างด้วย pH meter และวิเคราะห์ปริมาณอินทรียสาร ด้วยวิธี Walkley-Black method (Jackson, 1973) ทำการศึกษาใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน และฤดูแล้ง ฤดูกาลละ 3 ครั้ง ยกเว้นการวิเคราะห์เนื้อดินที่ทำการวิเคราะห์ฤดูกาลละ 1 ครั้ง

ภาพที่ 3.12 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำในดินด้วย ด้วย Portable Multiparameter Meter (sessION 156, Hach Company, USA)



ภาพที่ 3.13 แผนภาพสามเหลี่ยมจำแนกชนิดดิน (United States Department of Agriculture)

3.6 วิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่แต่ละอายุ ปัจจัยภายในของพืช และปัจจัยสิ่งแวดล้อม ระหว่างฤดูกาลโดยใช้ Independent-samples t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปัจจัยภายในของพืช และปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยใช้ Pearson Correlation ด้วยโปรแกรม SPSS 14 สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 โครงสร้างป่าปลูกโกงกางใบใหญ่

การศึกษาโครงสร้างป่าปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี บริเวณอ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร พบว่ามีความหนาแน่นของต้นไม้ในแปลงศึกษาเท่ากับ 3,675 2,336 1,552 และ 3,344 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางเหนือคอราก 30 เซนติเมตร ($D_{R0.3}$) เท่ากับ 2.7 4.2 4.7 และ 7.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงเฉลี่ย (H) เท่ากับ 1.6 2.9 4.2 และ 9.0 เมตร ตามลำดับ สำหรับการปกคลุมเรือนยอดต่อพื้นที่แปลงพบว่ามีค่ามากขึ้นเมื่อแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่มีอายุมากขึ้น โดยแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 9 ปี มีการปกคลุมเรือนยอดต่อพื้นที่แปลงมากที่สุดคือ 1,270.03 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 5 ปี (1,099.40 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์) แปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 3 ปี (1,008.17 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์) และแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี (393.84 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์) ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่หน้าตัดลำต้นรวมของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี มีค่า 2.09 3.31 2.69 และ 14.23 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความหนาแน่นต้นไม้ ขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางเหนือคอราก 30 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย การปกคลุมเรือนยอดต่อพื้นที่แปลง และพื้นที่หน้าตัดลำต้นรวมของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี

แปลงปลูก อายุ (ปี)	ความหนาแน่น (ต้น/เฮกแตร์)	$D_{R0.3}$ เฉลี่ย (ซม.)	ความสูงเฉลี่ย (เมตร)	การปกคลุมเรือนยอดต่อพื้นที่แปลง (ตร.ม./เฮกแตร์)	พื้นที่หน้าตัดลำต้นรวม (ตร.ม./เฮกแตร์)
1	3,675	2.7	1.6	393.84	2.09
3	2,336	4.2	2.9	1,008.17	3.31
5	1,552	4.7	4.2	1,099.40	2.69
9	3,344	7.3	9.0	1,270.03	14.23

4.2 การสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่

4.2.1 Light response curve

จากการศึกษา light response curve ของโกงกางใบใหญ่ทั้ง 4 แปลง สามารถสร้าง light response curve ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (P_n) กับ Photosynthetically active radiation (PAR) โดยใช้สมการ non-rectangular hyperbola (Johnson *et al.*, 1989) ดังภาพที่ 4.1 จากสมการพบว่า quantum yield ของโกงกางใบใหญ่ทุกแปลงมีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างฤดูกาล ยกเว้นโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ที่มีค่า quantum yield ในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับค่า light compensation point และ light saturation point ที่ได้จากการคำนวณพบว่าโกงกางใบใหญ่ทุกแปลงมีแนวโน้มของค่าดังกล่าวไปในทางเดียวกัน โดยโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 และ 9 ปี มีค่าเฉลี่ยของ light compensation point ในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ที่มีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ light saturation point พบว่าโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 5 และ 9 ปี มีค่า light saturation point ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝนมีค่า light

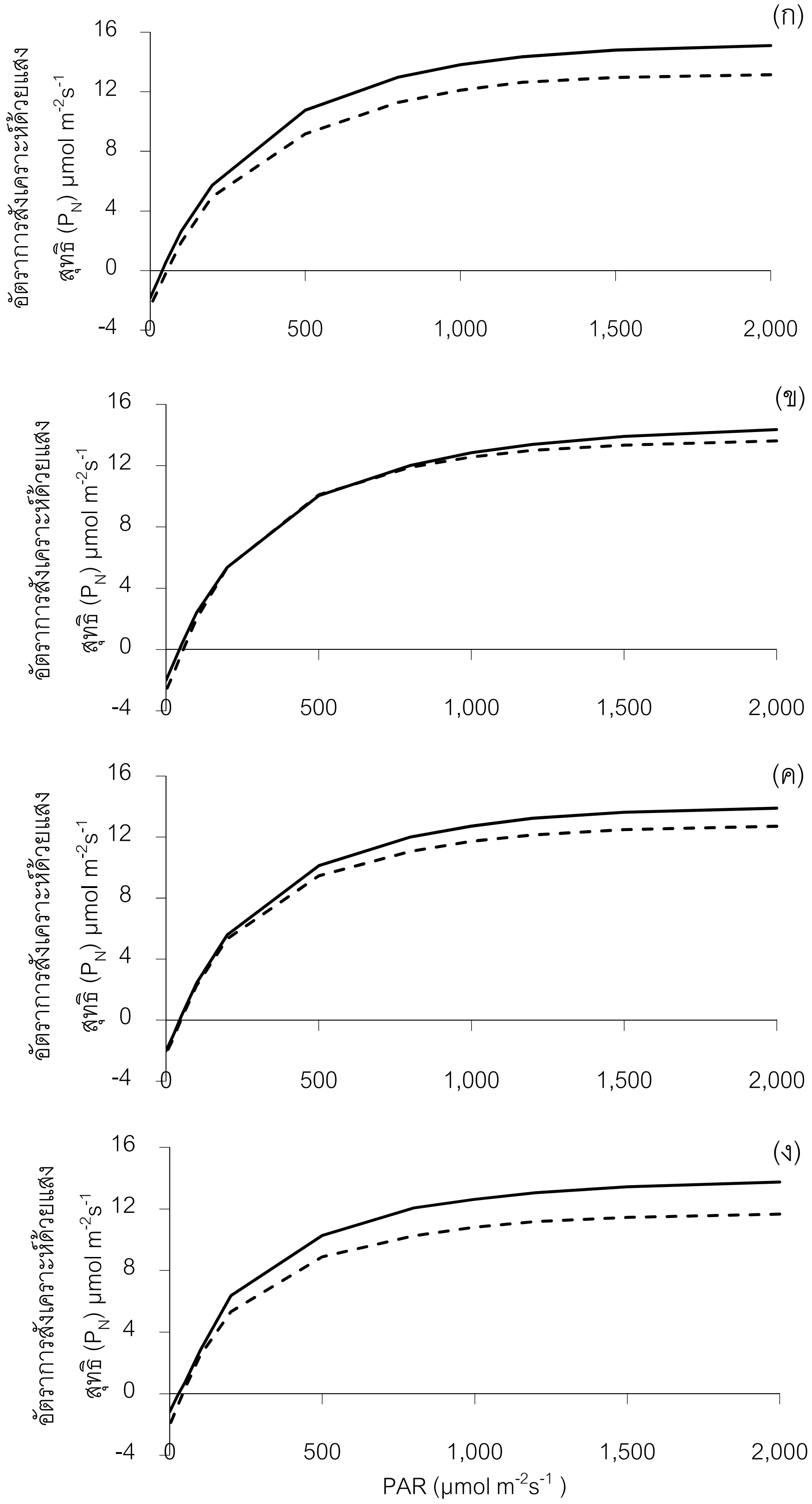
นอกจากนี้จากสมการพบว่าอัตราการหายใจ (R_d) ของโกงกางใบใหญ่ทุกแปลงมีค่าสูงในฤดูแล้งเช่นเดียวกับค่า light compensation point โดยโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 และ 9 ปี มีอัตราการหายใจในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี มีอัตราการหายใจในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 Quantum yield light compensation point light saturation point และอัตราการหายใจของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

แปลงปลูก อายุ (ปี)	ฤดูกาล	Quantum yield	Light compensation point (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	Light saturation point (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	อัตราการหายใจ (μmol $m^{-2}s^{-1}$)
1	ฤดูฝน	0.045 ± 0.001	38.82 ± 3.86*	942.82 ± 19.46	1.65 ± 0.16*
	ฤดูแล้ง	0.043 ± 0.001	55.92 ± 3.32	885.68 ± 24.83	2.30 ± 0.14
3	ฤดูฝน	0.045 ± 0.001*	42.50 ± 3.32*	992.42 ± 19.50*	1.82 ± 0.15*
	ฤดูแล้ง	0.047 ± 0.001	55.48 ± 2.87	881.66 ± 17.94	2.50 ± 0.13
5	ฤดูฝน	0.045 ± 0.001	44.27 ± 4.03	925.47 ± 16.76	1.88 ± 0.16
	ฤดูแล้ง	0.045 ± 0.001	47.06 ± 3.45	883.25 ± 21.20	2.06 ± 0.17
9	ฤดูฝน	0.044 ± 0.001	31.44 ± 1.07*	886.18 ± 17.84	1.31 ± 0.04*
	ฤดูแล้ง	0.045 ± 0.001	43.12 ± 3.13	840.19 ± 23.40	1.84 ± 0.14

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)



ภาพที่ 4.1 light response curve ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูก (ก) อายุ 1 ปี (ข) อายุ 3 ปี (ค) อายุ 5 ปี และ (ง) อายุ 9 ปี ในฤดูฝน (__) และฤดูแล้ง (---)

4.2.2 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Maximum photosynthetic rate, P_{max})

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดและค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ อัตราการคายน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) และอัตราการคายน้ำ (T_r) ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ฤดูกาล	P_{max} (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	g_s (mol $m^{-2}s^{-1}$)	C_i (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	T_r (mmol $m^{-2}s^{-1}$)	WUE (mmolCO_2 $mol^{-1}H_2O$)
ฤดูฝน	13.68 ± 0.24*	0.283 ± 0.012*	245.9 ± 5.4	5.15 ± 0.12	2.68 ± 0.05
ฤดูแล้ง	12.63 ± 0.20	0.247 ± 0.006	240.4 ± 2.4	4.93 ± 0.09	2.59 ± 0.05

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดและค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ อัตราการคายน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) และอัตราการคายน้ำ (T_r) ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ฤดูกาล	P_{max} (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	g_s (mol $m^{-2}s^{-1}$)	C_i (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	T_r (mmol $m^{-2}s^{-1}$)	WUE (mmolCO_2 $mol^{-1}H_2O$)
ฤดูฝน	14.11 ± 0.21*	0.276 ± 0.010*	236.1 ± 3.0	4.80 ± 0.08	2.96 ± 0.05
ฤดูแล้ง	12.88 ± 0.25	0.234 ± 0.009	231.2 ± 4.2	4.66 ± 0.10	2.80 ± 0.06

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดและค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ อัตราการคายน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) และอัตราการคายน้ำ (T_r) ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ฤดูกาล	P_{max} (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	g_s (mol $m^{-2}s^{-1}$)	C_i (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	T_r (mmol $m^{-2}s^{-1}$)	WUE (mmolCO_2 $mol^{-1}H_2O$)
ฤดูฝน	13.22 ± 0.21*	0.251 ± 0.008*	233.5 ± 3.1	4.61 ± 0.11	2.91 ± 0.06
ฤดูแล้ง	12.01 ± 0.23	0.219 ± 0.007	228.7 ± 2.9	4.24 ± 0.14	2.93 ± 0.07

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด ค่าการนำที่ปากใบ และอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ และประสิทธิภาพการใช้น้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (P_{max}) ค่าการนำที่ปากใบ (g_s) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (C_i) และอัตราการคายน้ำ (T_r) ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ฤดูกาล	P_{max} (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	g_s (mol $m^{-2}s^{-1}$)	C_i (µmol $m^{-2}s^{-1}$)	T_r (mmol $m^{-2}s^{-1}$)	WUE (mmolCO_2 $mol^{-1}H_2O$)
ฤดูฝน	12.20 ± 0.28*	0.239 ± 0.007*	234.1 ± 4.4	4.52 ± 0.08*	2.72 ± 0.07
ฤดูแล้ง	11.13 ± 0.22	0.203 ± 0.007	222.1 ± 4.9	4.04 ± 0.10	2.81 ± 0.08

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)

4.2.3 ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index, LAI)

จากการศึกษาค่าดัชนีพื้นที่ใบของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่พบว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่มีค่ามากขึ้นเมื่อแปลงปลูกมีอายุมากขึ้นทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยฤดูฝนมีค่าดัชนีพื้นที่ใบมากกว่าฤดูแล้งเล็กน้อย ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าดัชนีพื้นที่ใบของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

แปลงปลูก อายุ (ปี)	ดัชนีพื้นที่ใบ	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
1	0.87	0.71
3	2.43	2.36
5	2.76	2.52
9	3.88	3.87

4.3 ปัจจัยภายในบางประการของโกงกางใบใหญ่

4.3.1 ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ ปริมาณไนโตรเจน โซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออนในใบ

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี

ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ ปริมาณโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปริมาณไนโตรเจนในใบพบว่าในฤดูแล้งมีปริมาณไนโตรเจนในใบน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (SLA) ปริมาณไนโตรเจน (N) โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ฤดูกาล	SLA (ตร.ซม.ต่อกรัม)	ปริมาณ N ในใบ (%)	ปริมาณ Na^+ ในใบ (%)	ปริมาณ Cl^- ในใบ (%)
ฤดูฝน	62.17 ± 1.14	1.93 ± 0.08*	1.57 ± 0.05	2.66 ± 0.23
ฤดูแล้ง	59.51 ± 0.25	1.38 ± 0.08	1.51 ± 0.06	2.80 ± 0.20

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี

ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ ปริมาณโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปริมาณไนโตรเจนในใบพบว่าในฤดูแล้งมีปริมาณไนโตรเจนในใบน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (SLA) ปริมาณไนโตรเจน (N) โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ฤดูกาล	SLA (ตร.ซม.ต่อกรัม)	ปริมาณ N ในใบ (%)	ปริมาณ Na^+ ในใบ (%)	ปริมาณ Cl^- ในใบ (%)
ฤดูฝน	67.47 ± 1.41	1.91 ± 0.08*	1.76 ± 0.13	3.14 ± 0.09
ฤดูแล้ง	61.04 ± 2.97	1.47 ± 0.09	1.72 ± 0.08	3.70 ± 0.43

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี

ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ และปริมาณโซเดียมไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปริมาณไนโตรเจนในใบพบว่าในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (SLA) ปริมาณไนโตรเจน (N) โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ฤดูกาล	SLA (ตร.ซม.ต่อกรัม)	ปริมาณ N ในใบ (%)	ปริมาณ Na^+ ในใบ (%)	ปริมาณ Cl^- ในใบ (%)
ฤดูฝน	63.28 ± 1.37	1.64 ± 0.08*	1.83 ± 0.07	2.68 ± 0.22*
ฤดูแล้ง	62.91 ± 2.51	1.30 ± 0.03	1.62 ± 0.10	3.67 ± 0.15

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี

ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ ปริมาณไนโตรเจน และคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ปริมาณโซเดียมไอออนในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ (SLA) ปริมาณไนโตรเจน (N) โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

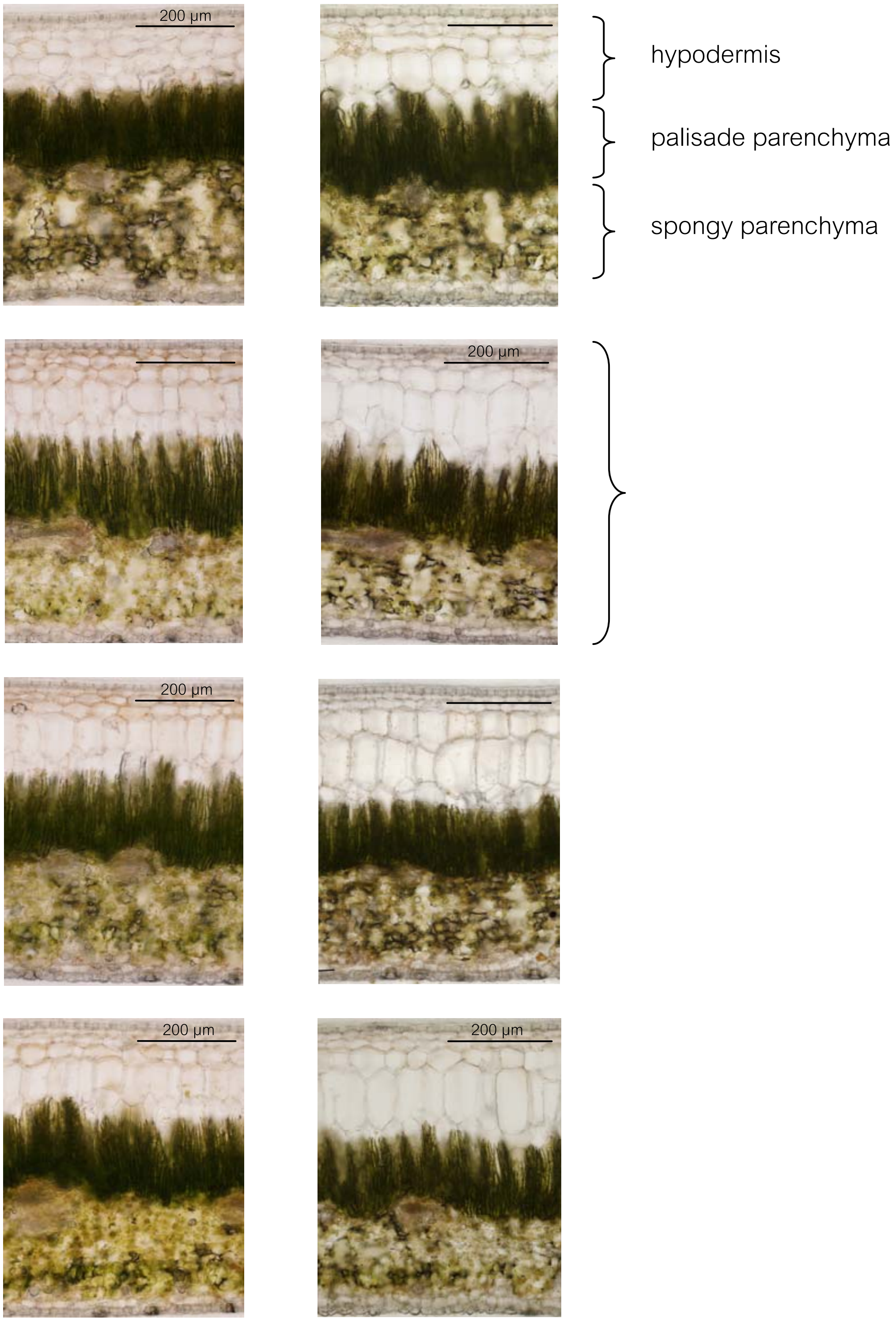
ฤดูกาล	SLA (ตร.ซม.ต่อกรัม)	ปริมาณ N ในใบ (%)	ปริมาณ Na^+ ในใบ (%)	ปริมาณ Cl^- ในใบ (%)
ฤดูฝน	57.52 ± 0.75	1.63 ± 0.08	1.56 ± 0.09*	3.29 ± 0.23
ฤดูแล้ง	56.88 ± 1.97	1.44 ± 0.08	1.10 ± 0.03	3.78 ± 0.16

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)

4.3.2 ลักษณะทางกายวิภาคของใบ

ลักษณะทางกายวิภาคของใบโกงกางใบใหญ่ดังแสดงในภาพที่ 4.2 พบว่าความหนาของใบและความหนาของชั้น hypodermis ของโกงกางใบใหญ่ทุกแปลงในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าตัวอย่างใบที่เก็บมาศึกษาในฤดูฝน แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.12, ภาพที่ 4.3 และ 4.4) ขณะที่ความหนาของชั้น mesophyll ของโกงกางใบใหญ่ทุกแปลงในฤดูแล้งน้อยกว่า ฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.5) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของชั้น mesophyll พบว่าความหนาของชั้น palisade parenchyma ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 และ 5 ปี ในฤดูแล้งบางกว่าที่พบในฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 และ 9 ปี มีความหนาของชั้น palisade parenchyma ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.6) แต่อย่างไรก็ตาม ในชั้น spongy parenchyma พบว่าโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 และ 9 ปี มีความหนาของชั้น spongy parenchyma ในฤดูแล้งน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ แต่โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้งพบว่าความหนาของชั้นดังกล่าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.7)



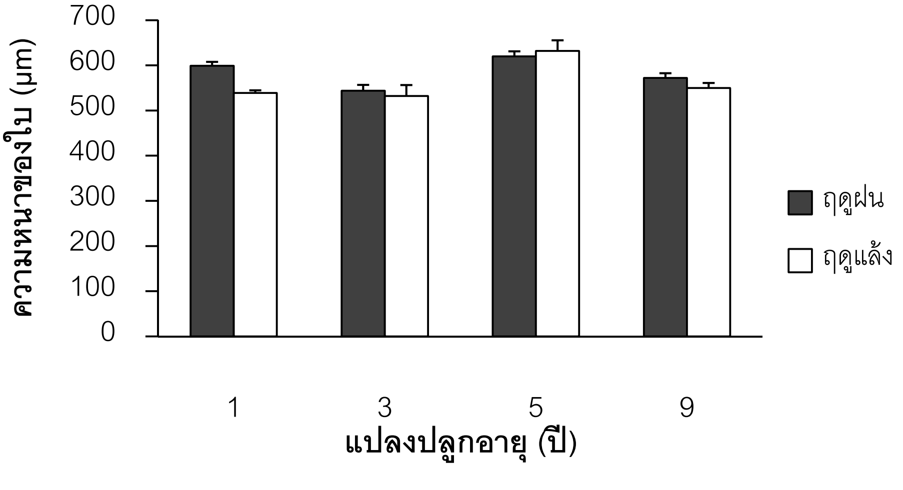
ภาพที่ 4.2 ลักษณะทางกายวิภาคของใบโกงกางใบใหญ่ (ก) อายุ 1 ปี (ข) อายุ 3 ปี (ค) อายุ 5 ปี (ง) อายุ 9 ปี ในฤดูฝน (ซ้าย) และฤดูแล้ง (ขวา)

ตารางที่ 4.12 ความหนาของใบ ความหนาของชั้น mesophyll ความหนาของชั้น palisade parenchyma และความหนาของชั้น spongy parenchyma ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

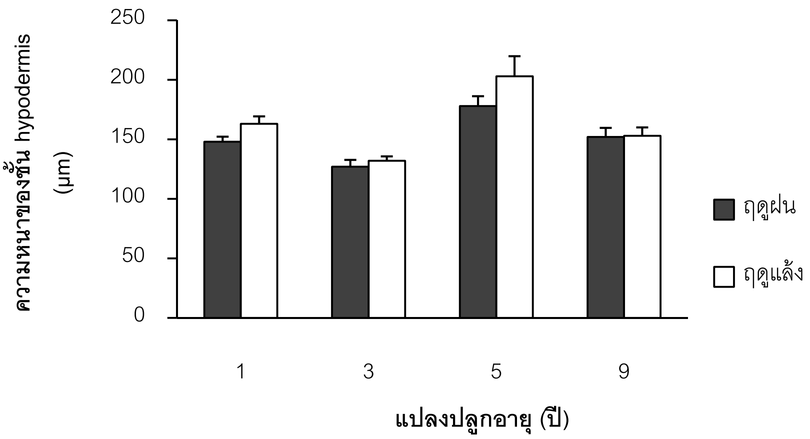
	ฤดูกาล	1 ปี	3 ปี	5 ปี	9 ปี
ความหนาของใบ	ฤดูฝน	599 ± 8.79	544 ± 12.89	620 ± 11.20	573 ± 10.88
(µm)	ฤดูแล้ง	579 ± 5.65	532 ± 24.48	614 ± 17.49	550 ± 11.14
ความหนาของชั้น	ฤดูฝน	148 ± 4.28*	127 ± 5.76	178 ± 8.32	152 ± 7.63
hypodermis (µm)	ฤดูแล้ง	163 ± 6.35	132 ± 3.79	203 ± 16.91	153 ± 7.08
ความหนาของชั้น mesophyll	ฤดูฝน	397 ± 5.21*	369 ± 6.60*	394 ± 3.06*	362 ± 4.84*
(µm)	ฤดูแล้ง	356 ± 3.84	331 ± 11.86	361 ± 5.14	339 ± 3.70
ความหนาของชั้น Palisade	ฤดูฝน	170 ± 4.24	170 ± 4.21*	186 ± 3.05*	163 ± 3.22
parenchyma (µm)	ฤดูแล้ง	160 ± 3.16	148 ± 6.86	161 ± 3.97	156 ± 2.60
ความหนาของชั้น Spongy	ฤดูฝน	227 ± 5.09*	199 ± 3.30*	208 ± 2.85	199 ± 3.61*
parenchyma (µm)	ฤดูแล้ง	196 ± 3.28	184 ± 6.18	199 ± 4.61	182 ± 3.39

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

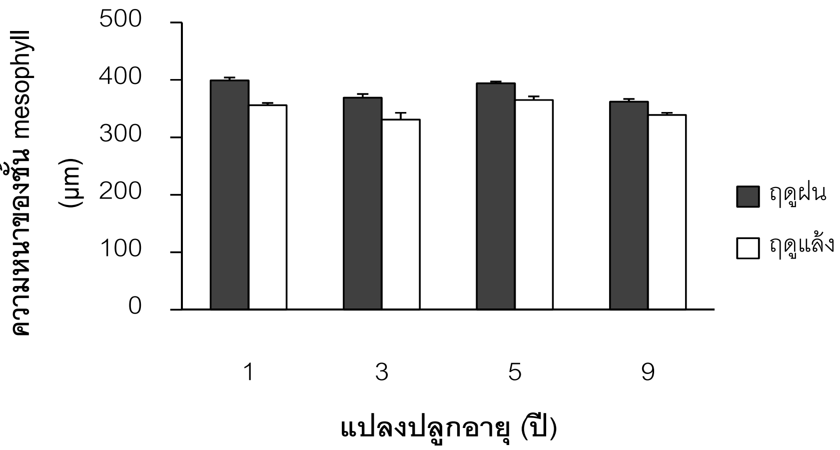
* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล (P < 0.05)



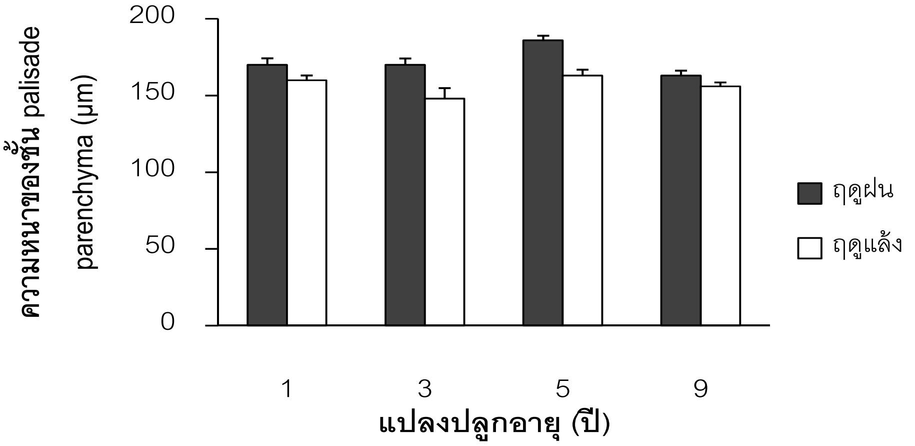
ภาพที่ 4.3 ความหนาของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



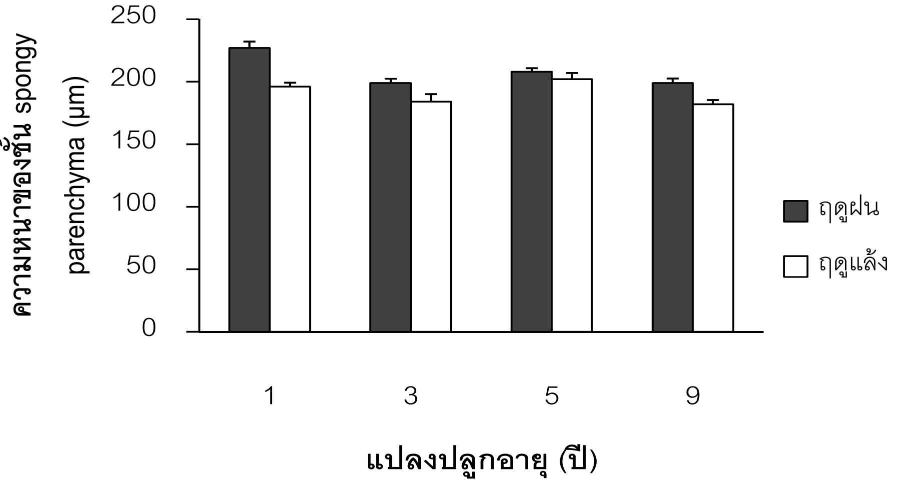
ภาพที่ 4.4 ความหนาของชั้น hypodermis ของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



ภาพที่ 4.5 ความหนาของชั้น mesophyll ของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



ภาพที่ 4.6 ความหนาของชั้น palisade parenchyma ของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



ภาพที่ 4.7 ความหนาของชั้น spongy parenchyma ของใบโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.4 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

4.4.1 คุณสมบัติของน้ำในดิน

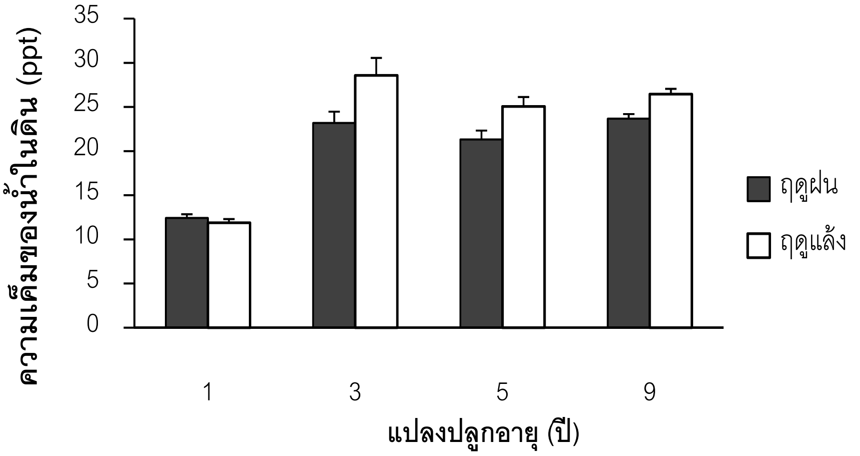
จากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำในดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่ทั้ง 4 แปลง พบว่า ความเค็มของน้ำในดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความเค็มของน้ำในดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 3 5 และ 9 ปี ในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.8) เช่นเดียวกับค่าการนำไฟฟ้าที่พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 3 5 และ 9 ปี ในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.12) สำหรับความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิของน้ำในดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่ทุกแปลงในฤดูฝนและฤดูแล้งพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13, ภาพที่ 4.9, 4.10 และภาพที่ 4.11)

ตารางที่ 4.13 ความเค็ม ความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

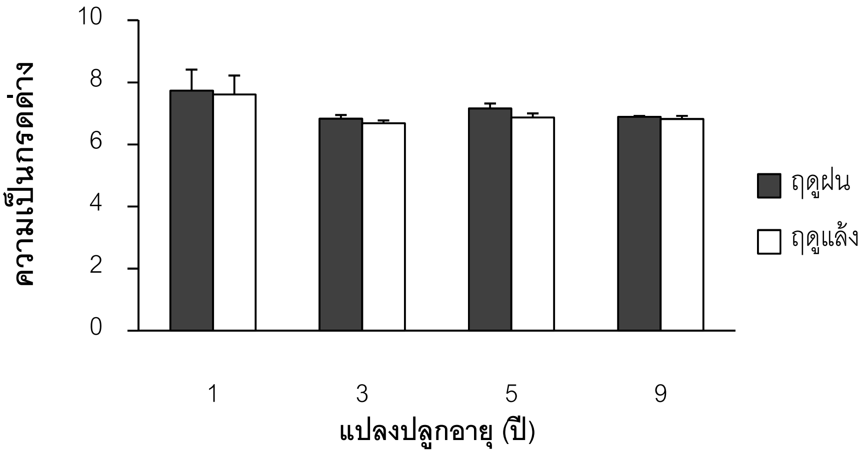
	ฤดูกาล	1 ปี	3 ปี	5 ปี	9 ปี
ความเค็ม	ฤดูฝน	12.43 ± 0.41	23.20 ± 1.27*	21.32 ± 1.00*	23.68 ± 0.52*
(ppt)	ฤดูแล้ง	11.90 ± 0.29	27.34 ± 1.45	25.65 ± 1.02	26.66 ± 0.70
ความเป็นกรดด่าง	ฤดูฝน	7.73 ± 0.07	6.83 ± 0.12	7.16 ± 0.16	6.89 ± 0.03
	ฤดูแล้ง	7.61 ± 0.06	6.71 ± 0.07	6.92 ± 0.16	6.74 ± 0.11
ปริมาณออกซิเจน	ฤดูฝน	2.86 ± 0.09	2.66 ± 0.12	2.77 ± 0.07	2.64 ± 0.10
ละลายน้ำ (mg/l)	ฤดูแล้ง	2.68 ± 0.05	2.54 ± 0.05	2.62 ± 0.05	2.47 ± 0.08
อุณหภูมิ	ฤดูฝน	28.63 ± 0.07	27.62 ± 0.09	27.80 ± 0.21	27.59 ± 0.14
(^{o}C)	ฤดูแล้ง	28.83 ± 0.12	27.78 ± 0.10	27.90 ± 0.02	27.66 ± 0.12
ค่าการนำไฟฟ้า	ฤดูฝน	20.81 ± 0.65	35.63 ± 2.35*	32.33 ± 1.62*	37.51 ± 0.79*
(ms/s)	ฤดูแล้ง	19.72 ± 0.46	42.38 ± 2.01	38.31 ± 1.75	41.58 ± 1.01

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

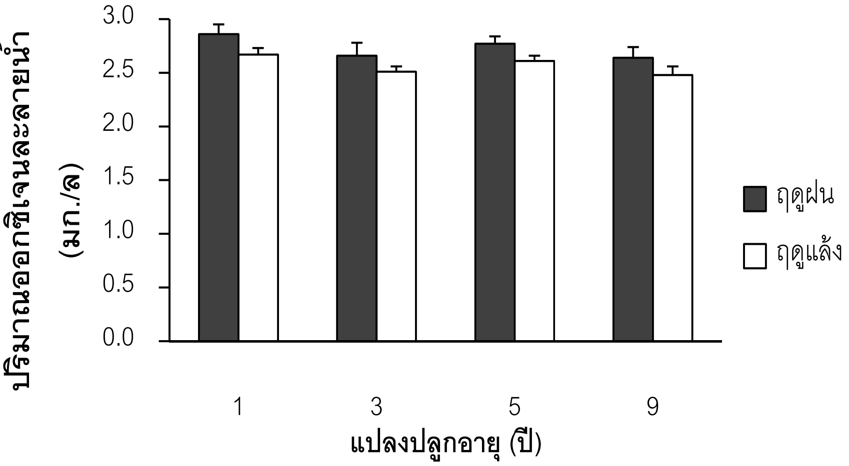
* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)



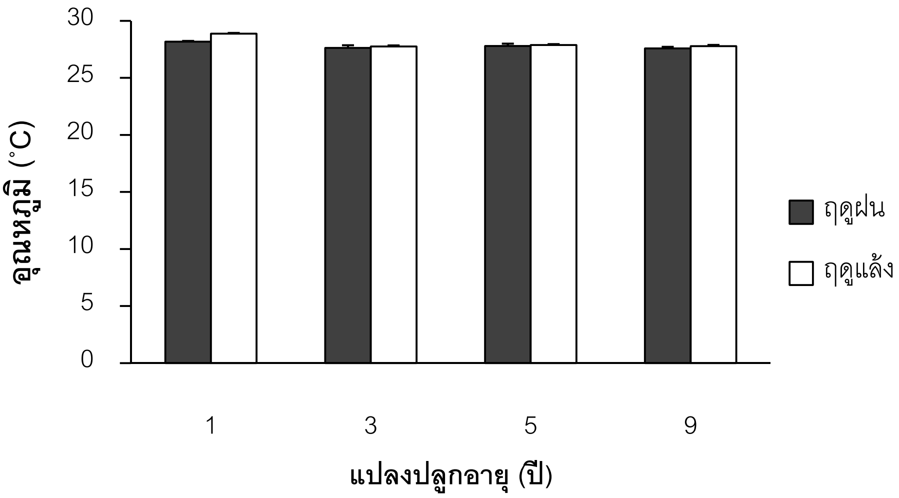
ภาพที่ 4.8 ความเค็มของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



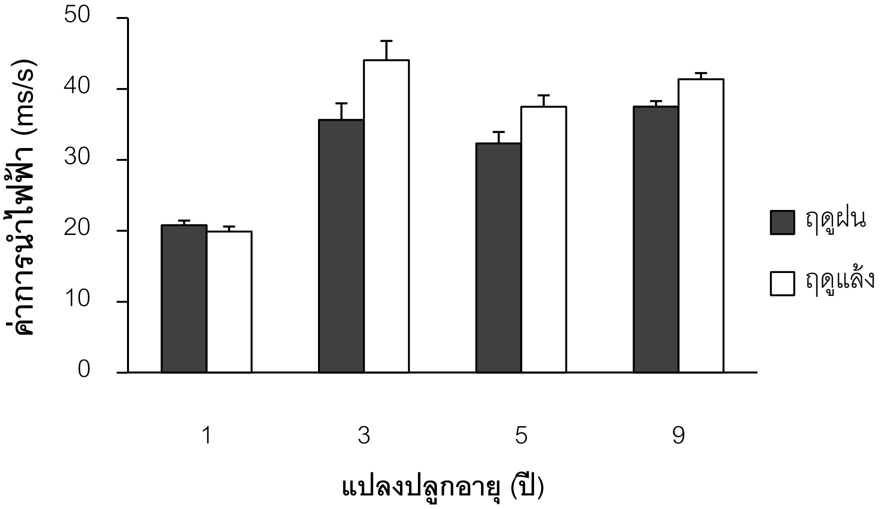
ภาพที่ 4.9 ความเป็นกรดด่างของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



ภาพที่ 4.10 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



ภาพที่ 4.11 อุณหภูมิของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



ภาพที่ 4.12 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.4.2 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน

<u>ลักษณะเนื้อดิน</u>

องค์ประกอบของเนื้อดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่ทั้ง 4 แปลง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์อนุภาคดินเหนียวในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่เปอร์เซ็นต์อนุภาคดินทรายในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ แต่เปอร์เซ็นต์อนุภาคดินตะกอนในฤดูฝนและฤดูแล้งพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งองค์ประกอบของเนื้อดินที่แตกต่างกันพบว่าไม่ทำให้ลักษณะของเนื้อดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 3 5 และ 9 ปี แตกต่างกัน โดยมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง แต่ในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี พบว่าในฤดูฝนมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ขณะที่ฤดูแล้งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 องค์ประกอบของเนื้อดินแยกตามขนาดอนุภาคดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่ อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

แปลงปลูก อายุ (ปี)	ฤดูกาล	เปอร์เซ็นต์ ดินเหนียว	เปอร์เซ็นต์ ดินตะกอน	เปอร์เซ็นต์ ดินทราย	ชนิดเนื้อดิน
1	ฤดูฝน	41.44 ± 1.84*	12.90 ± 0.72	45.66 ± 1.22*	ดินร่วนปนทราย
	ฤดูแล้ง	51.90 ± 0.24	12.80 ± 0.39	35.30 ± 0.58	ดินเหนียว
3	ฤดูฝน	50.52 ± 2.42*	11.11 ± 1.00	38.37 ± 2.35*	ดินเหนียว
	ฤดูแล้ง	68.50 ± 1.26	12.65 ± 2.73	18.85 ± 1.55	ดินเหนียว
5	ฤดูฝน	47.66 ± 1.00*	11.85 ± 0.64	40.49 ± 0.77*	ดินเหนียว
	ฤดูแล้ง	62.95 ± 1.12	12.11 ± 1.90	24.94 ± 1.73	ดินเหนียว
9	ฤดูฝน	44.23 ± 1.20*	11.40 ± 1.05	44.37 ± 2.07*	ดินเหนียว
	ฤดูแล้ง	52.31 ± 1.86	14.41 ± 2.73	33.28 ± 3.06	ดินเหนียว

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE

* หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล ($P < 0.05$)

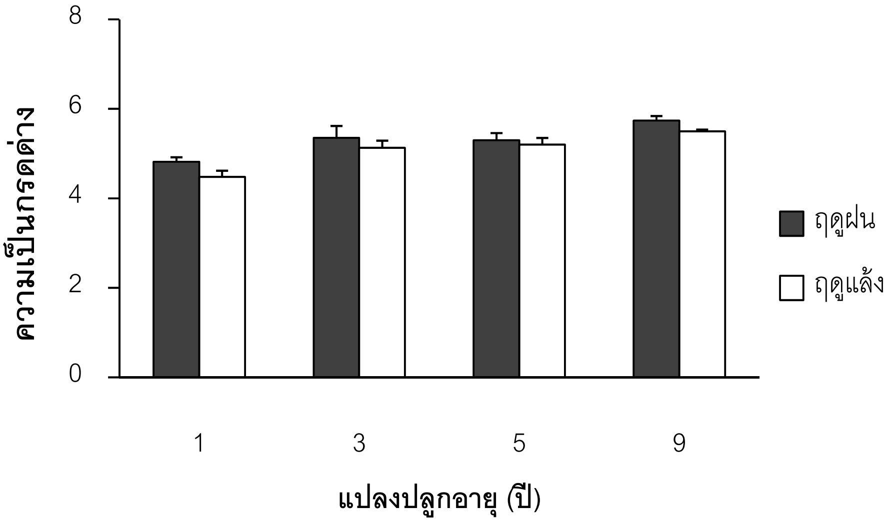
<u>ความเป็นกรดด่างและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน</u>

ความเป็นกรดด่างและปริมาณอินทรียวัตถุในดินในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่ทั้ง 4 แปลง พบว่าในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.15 (ภาพที่ 4.13 และ 4.14)

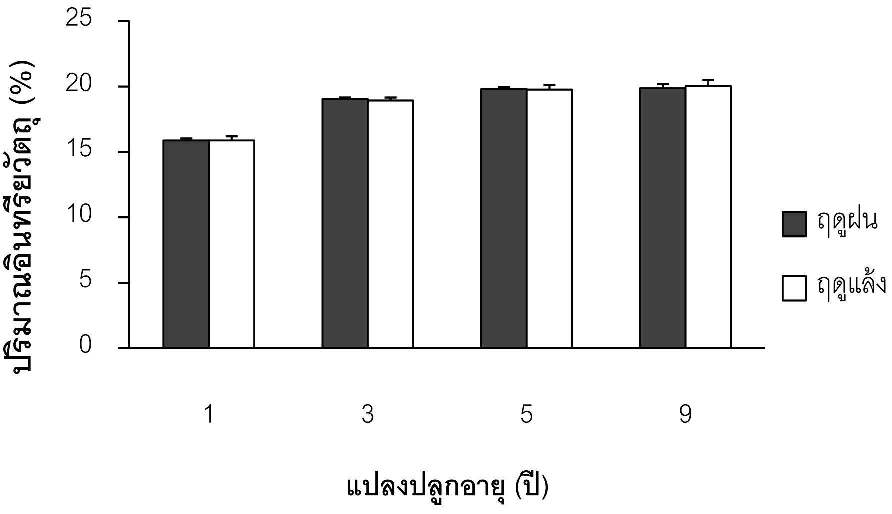
ตารางที่ 4.15 ความเป็นกรดด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่ อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

	ฤดูกาล	1 ปี	3 ปี	5 ปี	9 ปี
ความเป็นกรดด่าง	ฤดูฝน	4.82 ± 0.10	5.35 ± 0.27	5.30 ± 0.16	5.74 ± 0.10
	ฤดูแล้ง	4.48 ± 0.14	5.13 ± 0.16	5.20 ± 0.15	5.50 ± 0.04
ปริมาณอินทรียวัตถุ ในดิน (%)	ฤดูฝน	15.88 ± 0.16	19.04 ± 0.13	19.82 ± 0.15	19.88 ± 0.31
	ฤดูแล้ง	15.89 ± 0.31	18.94 ± 0.23	19.77 ± 0.35	20.04 ± 0.48

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ ค่าเฉลี่ย ± SE



ภาพที่ 4.13 ความเป็นกรดด่างของดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



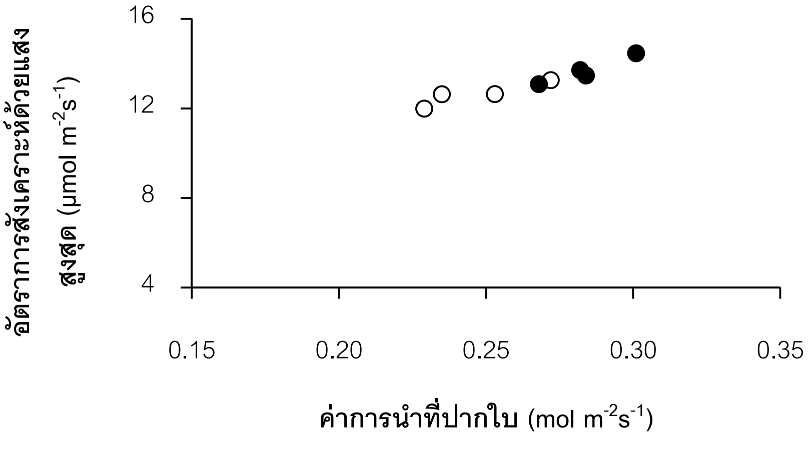
ภาพที่ 4.14 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

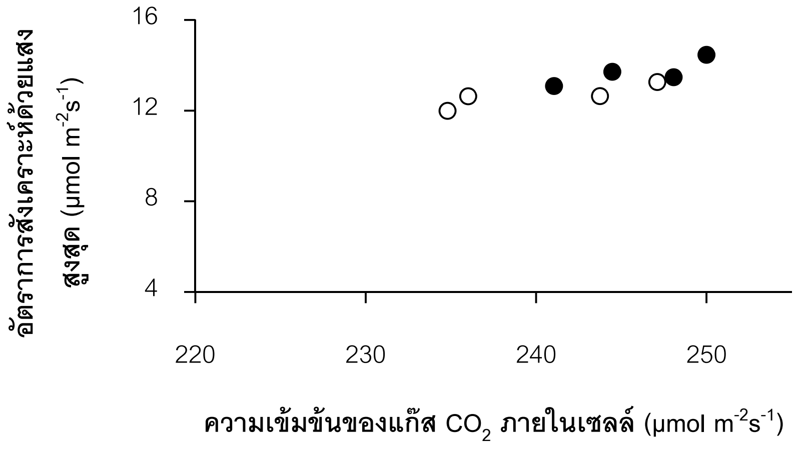
จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปัจจัยภายในของพืชและปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยวิธี Pearson correlation พบว่าโกงกางใบใหญ่ในแปลงอายุต่างกันจะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยภายในของพืชและปัจจัยสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.16 และ 4.17

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี

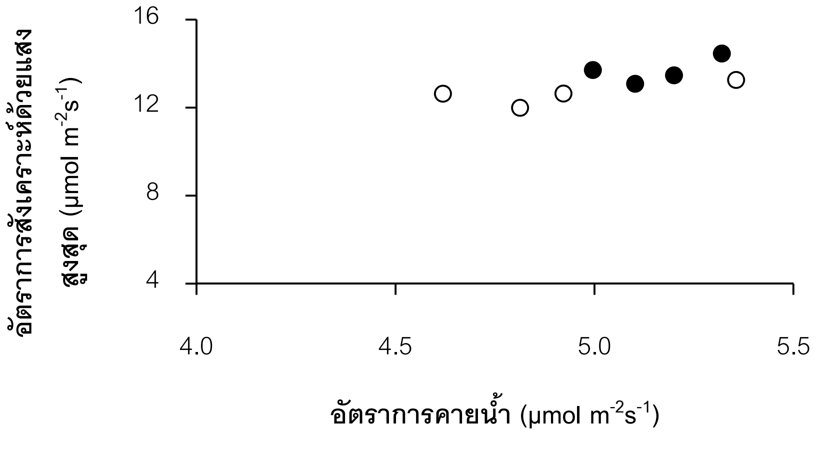
อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปัจจัยภายในของพืช ได้แก่ ค่าการนำที่ปากใบ (ภาพที่ 4.15) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (ภาพที่ 4.16) อัตราการคายน้ำ (ภาพที่ 4.17) ปริมาณไนโตรเจนในใบ (ภาพที่ 4.18) ความหนาของชั้น mesophyll (ภาพที่ 4.19) และความหนาของชั้น spongy parenchyma (ภาพที่ 4.20) สำหรับปัจจัยสิ่งแวดล้อมพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิอากาศ (ภาพที่ 4.21)



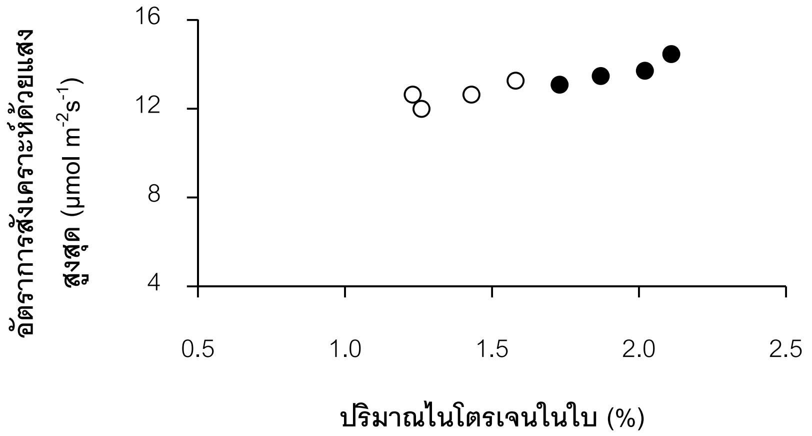
ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.959, P < 0.01



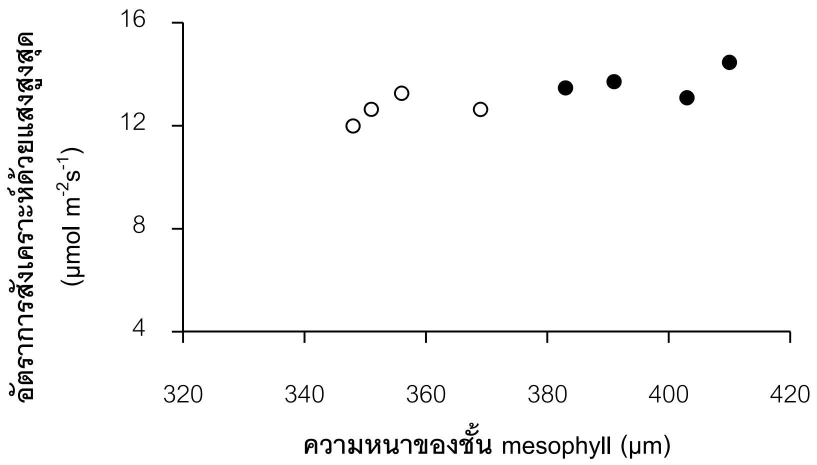
ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.850, $P < 0.01$



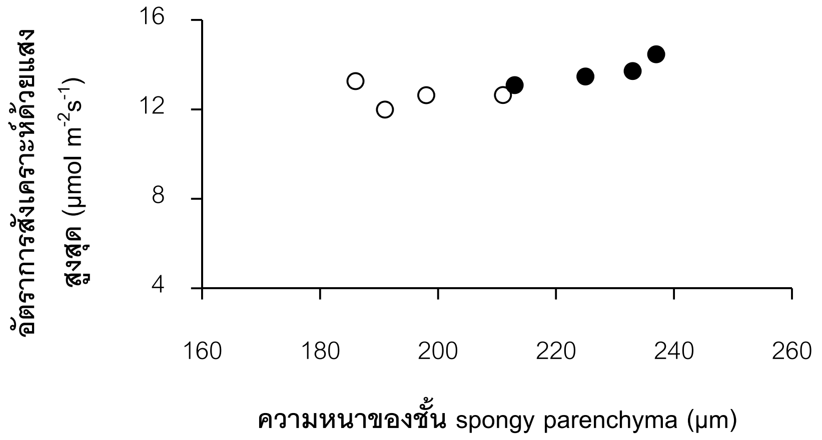
ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.716, $P < 0.01$



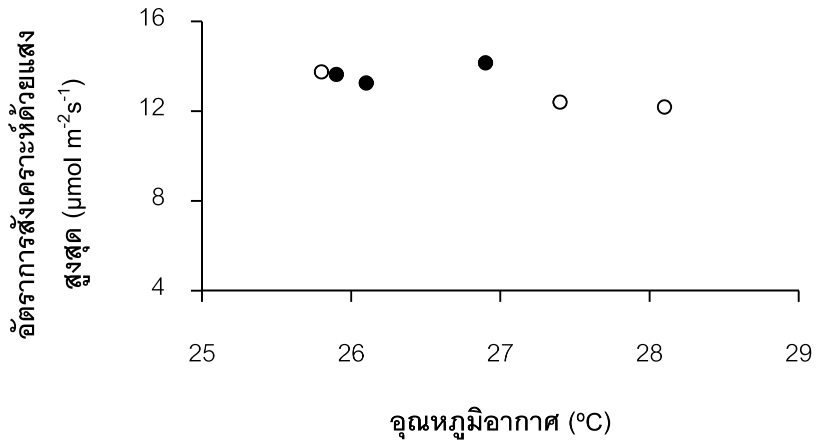
ภาพที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณไนโตรเจนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (ο) โดย Pearson correlation N=8, r=0.928, P < 0.01



ภาพที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น mesophyll ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (ο) โดย Pearson correlation N=8, r=0.708, P < 0.05



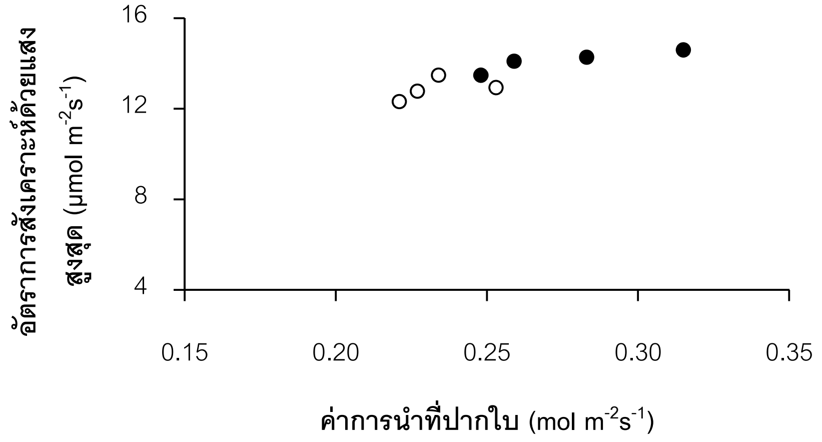
ภาพที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น spongy parenchyma ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r=0.769, P < 0.05



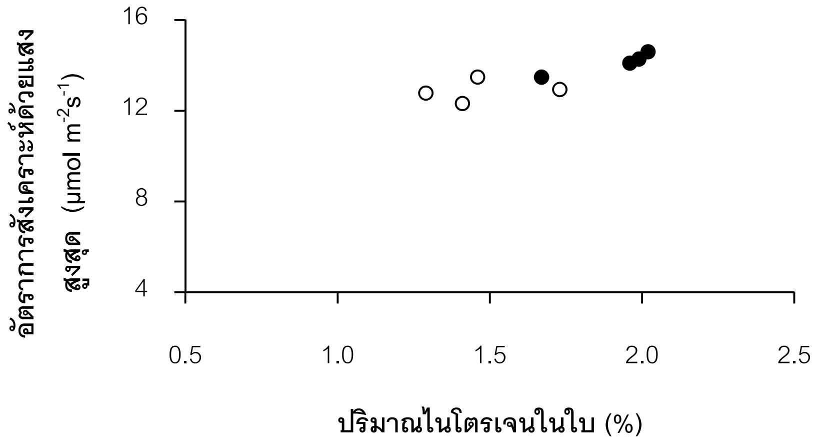
ภาพที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับอุณหภูมิอากาศของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.734, P < 0.1

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี

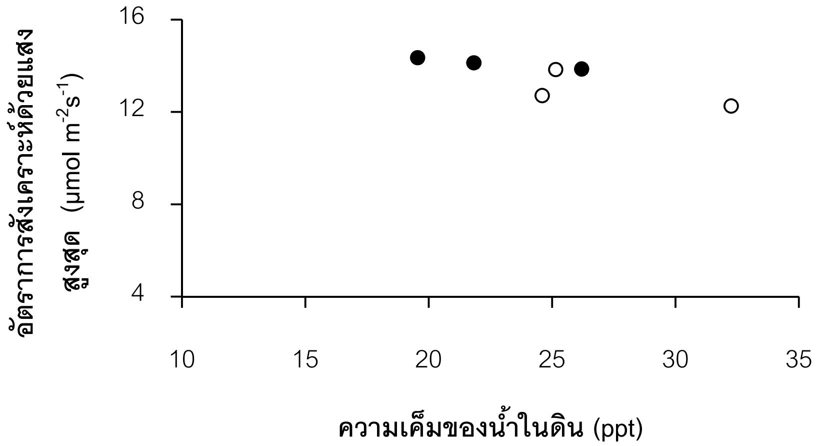
อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปัจจัยภายในของพืช ได้แก่ ค่าการนำที่ปากใบ (ภาพที่ 4.22) และปริมาณไนโตรเจนในใบ (ภาพที่ 4.23) สำหรับปัจจัยสิ่งแวดล้อมพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับความเค็มของน้ำในดิน (ภาพที่ 4.24)



ภาพที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.876, P < 0.01



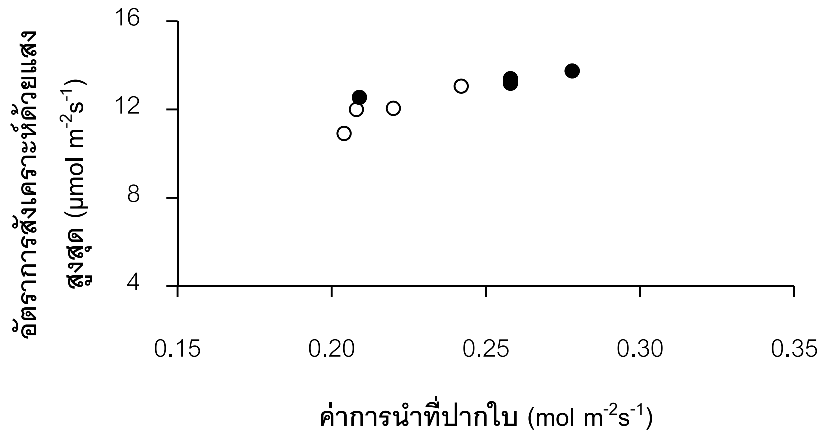
ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณไนโตรเจนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปีในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.861, P < 0.01



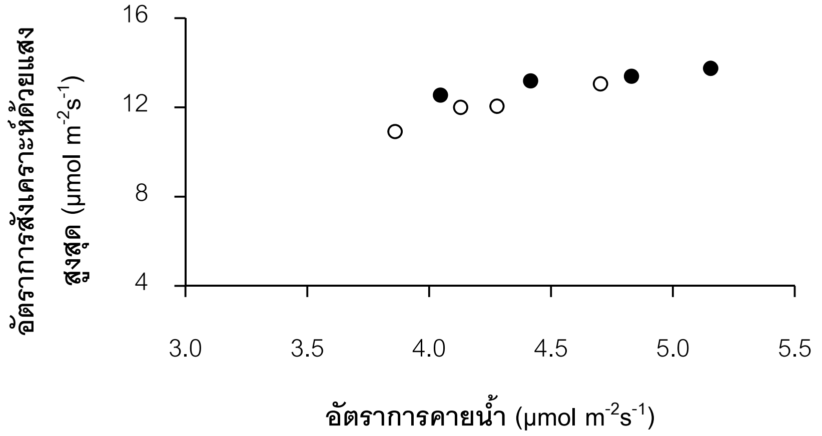
ภาพที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเค็มของน้ำในดินของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.814, P < 0.05

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี

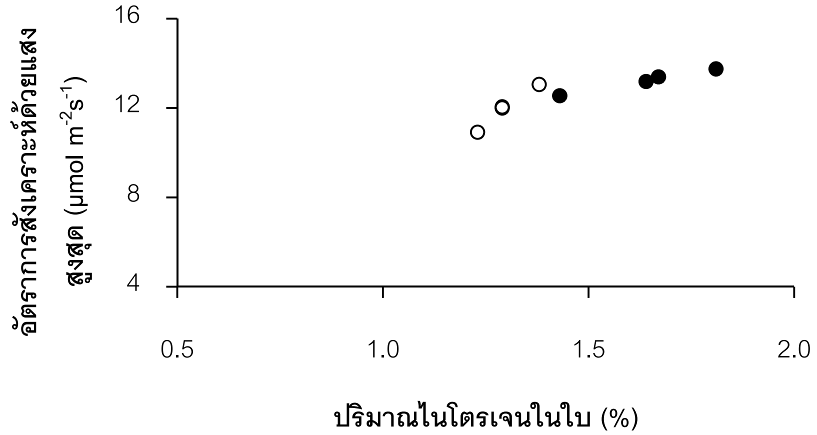
อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปัจจัยภายในของพืช ได้แก่ ค่าการนำที่ปากใบ (ภาพที่ 4.25) อัตราการคายน้ำ (ภาพที่ 4.26) ปริมาณไนโตรเจนในใบ (ภาพที่ 4.27) และความหนาของชั้น mesophyll (ภาพที่ 4.28) นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบ (ภาพที่ 4.29) สำหรับปัจจัยสิ่งแวดล้อมพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับความเค็มของน้ำในดิน (ภาพที่ 4.30)



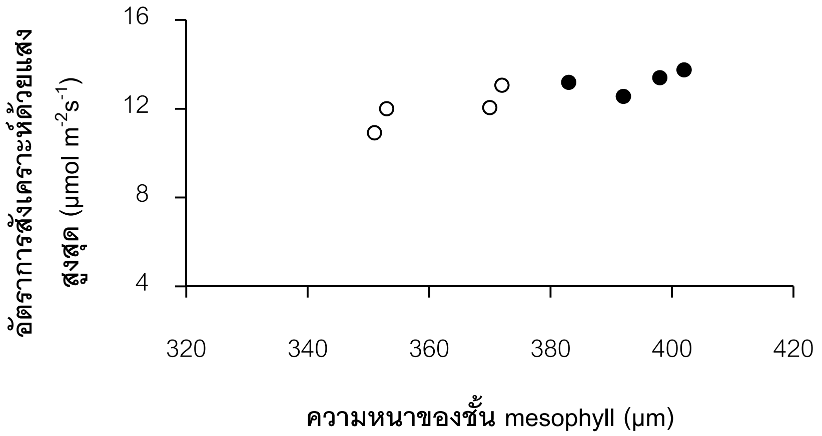
ภาพที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.889, P < 0.01



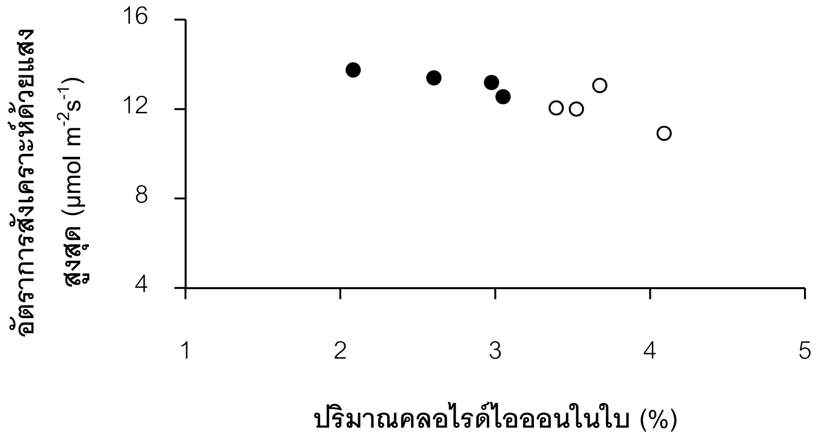
ภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.883, P < 0.01



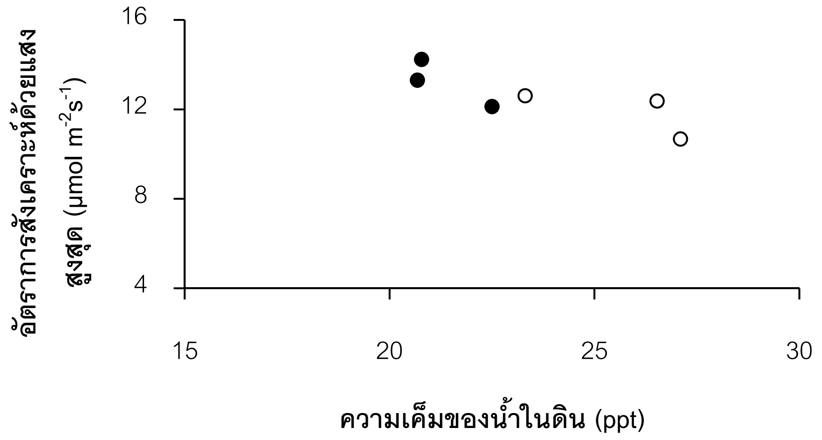
ภาพที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณไนโตรเจนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.886, P < 0.01



ภาพที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น mesophyll ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.855, P < 0.01



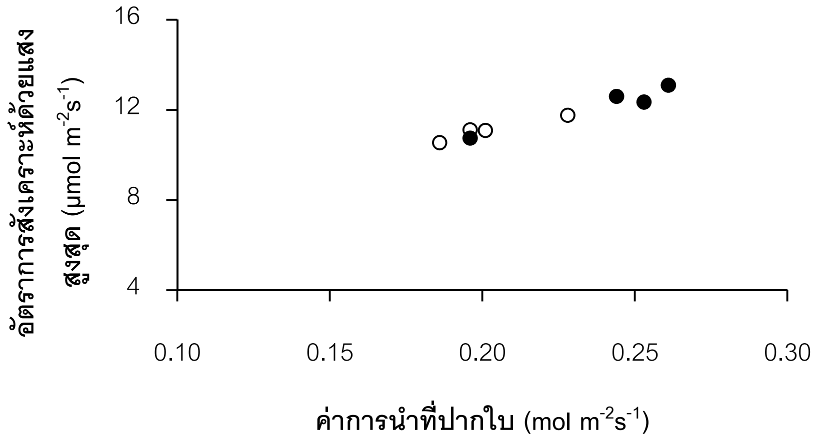
ภาพที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.755, P < 0.05



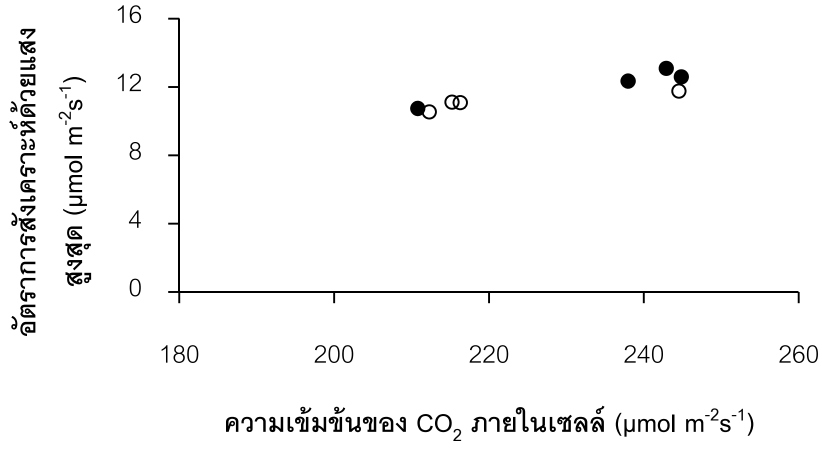
ภาพที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเค็มของน้ำในดินของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.819, $P < 0.05$

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี

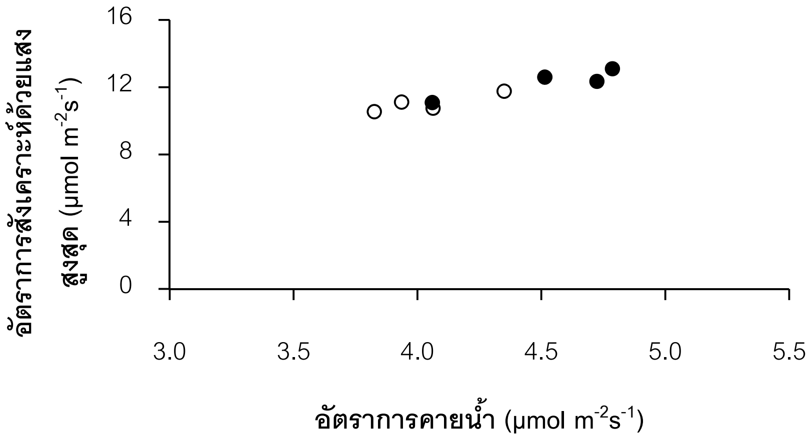
อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปัจจัยภายในของพืช ได้แก่ ค่าการนำที่ปากใบ (ภาพที่ 4.31) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (ภาพที่ 4.32) อัตราการคายน้ำ (ภาพที่ 4.33) ปริมาณไนโตรเจนในใบ (ภาพที่ 4.34) และความหนาของชั้น spongy parenchyma (ภาพที่ 4.35) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบ (ภาพที่ 4.36) สำหรับปัจจัยสิ่งแวดล้อมพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับความเค็มของน้ำในดิน (ภาพที่ 4.37)



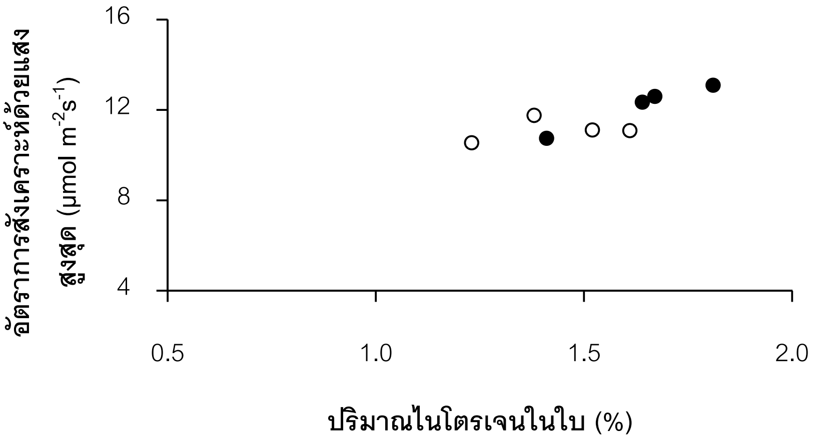
ภาพที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าการนำที่ปากใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r=0.978, P < 0.01



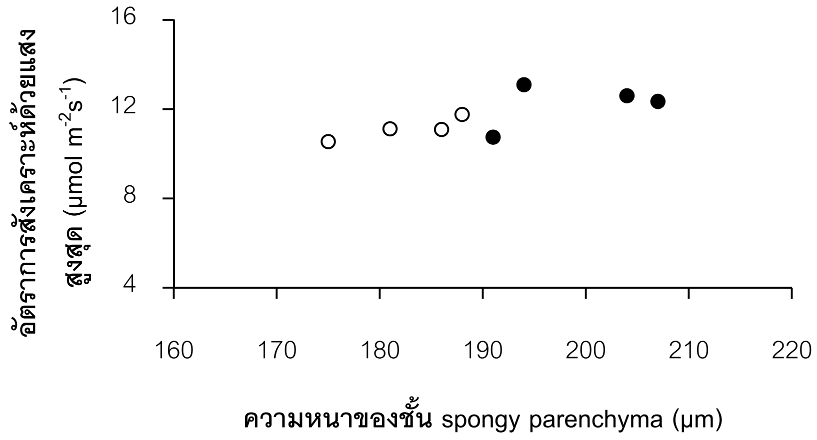
ภาพที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r=0.902, P < 0.01



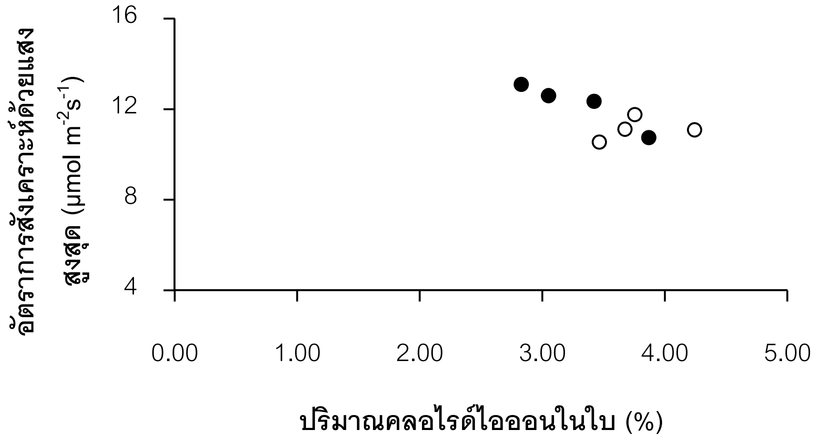
ภาพที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r=0.952, P < 0.01



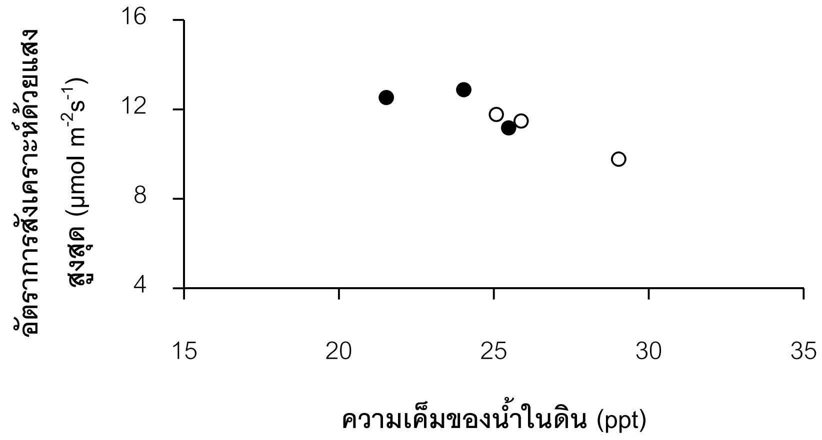
ภาพที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณไนโตรเจนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation N=8, r=0.817, P < 0.05



ภาพที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น spongy parenchyma ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (•) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r=0.751, $P < 0.05$



ภาพที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (•) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.754, $P < 0.05$



ภาพที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเค็มของน้ำในดินของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation N=8, r= -0.898, $P < 0.05$

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายในของพืชกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด โดย Pearson correlation (N=8)

g_s = ค่าการนำที่ปากใบ C_i = ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ T_r = อัตราการคายน้ำ WUE = ประสิทธิภาพการใช้น้ำ SLA = ค่าเฉพาะพื้นที่ใบ N = ปริมาณไนโตรเจน Na^+ = ปริมาณโซเดียมไอออนในใบ Cl^- = ปริมาณคลอไรด์ไอออนใบ

แปลงปลูก อายุ (ปี)	g_s	C_i	T_r	WUE	SLA	N	Na^+	Cl^-	ความหนาของชั้น mesophyll	ความหนาของชั้น Palisade parenchyma	ความหนาของชั้น Spongy parenchyma
1	0.959**	0.850**	0.716*	ns	ns	0.928**	ns	ns	0.708*	ns	0.769*
3	0.876**	ns	ns	ns	ns	0.861**	ns	ns	ns	ns	ns
5	0.889**	ns	0.883**	ns	ns	0.886**	ns	-0.840**	0.855**	ns	ns
9	0.978**	0.902**	0.952**	ns	ns	0.817*	ns	-0.754*	ns	ns	0.751*

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ correlation coefficient (r)

* สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

** สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

ns: not significantly different, ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด โดย Pearson correlation (N=6)

แปลงปลูก อายุ (ปี)	คุณสมบัติของน้ำในดิน					สมบัติทางเคมีของดิน		อุณหภูมิอากาศ
	ความเค็ม	pH	ปริมาณ O_2 ละลายน้ำ	อุณหภูมิ	ค่าการนำไฟฟ้า	pH	ปริมาณอินทรียวัตถุ	
1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0.734***
3	-0.814*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
5	-0.819*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
9	-0.898*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางคือ correlation coefficient (r)

* สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

** สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

*** สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.1$)

ns: not significantly different, ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 5

อภิปรายผลการทดลอง

5.1 โครงสร้างป่าปลูกโกงกางใบใหญ่

จากการศึกษาโครงสร้างป่าปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี พบว่าแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี มีความหนาแน่นของต้นไม้ในแปลงปลูกมากที่สุด รองลงมาคือแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 9 3 และ 5 ปี ตามลำดับ ซึ่งความหนาแน่นที่แตกต่างกันในแต่ละแปลงปลูกเนื่องมาจากมีระยะปลูกและอายุปลูกที่ต่างกัน โดยแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี มีระยะปลูก 2 x 2 ตารางเมตร มีความหนาแน่นมากเนื่องจากแปลงปลูกมีอายุน้อย การตายของต้นไม้ยังมีน้อย แต่ในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 3 และ 5 ปี มีระยะปลูก 2 x 1.5 ตารางเมตร แต่มีความหนาแน่นน้อยกว่าแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี เนื่องจากมีการตายของต้นไม้มากขึ้น เมื่อแปลงปลูกมีอายุมากขึ้น แต่ในแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 9 ปี มีความหนาแน่นมากเนื่องจากมีระยะปลูกน้อยคือ 1.5 x 1.0 ตารางเมตร

ขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางเหนือคอราก 30 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ยมากขึ้นเมื่อแปลงปลูกมีอายุมากขึ้น โดยแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 9 ปี มีขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางเหนือคอราก 30 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 5 3 และ 1 ปี ตามลำดับ เช่นเดียวกับการปกคลุมเรือนยอดต่อพื้นที่แปลง และพื้นที่หน้าตัดลำต้นรวมที่พบว่ามีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่มีอายุมากขึ้น ยกเว้นแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 5 ปี ที่มีการปกคลุมเรือนยอดต่อพื้นที่แปลงใกล้เคียงกับแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 3 ปี ขณะที่พื้นที่หน้าตัดลำต้นรวมของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 5 ปี น้อยกว่าแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 3 ปี เนื่องจากมีความหนาแน่นต้นไม้น้อยกว่า

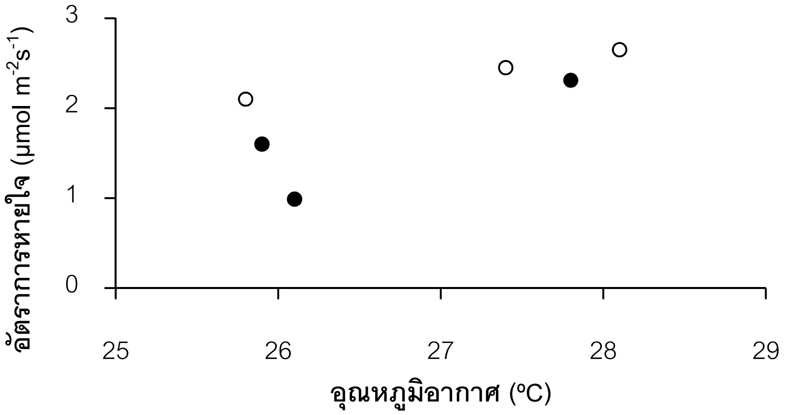
5.2 Light response curve ของโกงกางใบใหญ่

quantum yield ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 5 และ 9 ปี มี quantum yield ในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน ขณะที่โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี มี quantum yield ในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ โดย quantum yield ของโกงกางใบใหญ่ในทุกแปลงปลูกมีค่าอยู่ในช่วง 0.043-0.047 ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Chen และคณะ (2008) ที่ศึกษาใน *Sonneratia apetala* ลำพู (*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.) และแสมทะเล ที่เมือง Shenzhen ประเทศจีน มี quantum yield อยู่ในช่วง 0.040-0.054 และใกล้เคียงกับการศึกษาของ Ball และ Critchley (1982) ในออสเตรเลียที่พบว่าแสมทะเลมี quantum yield ประมาณ 0.040

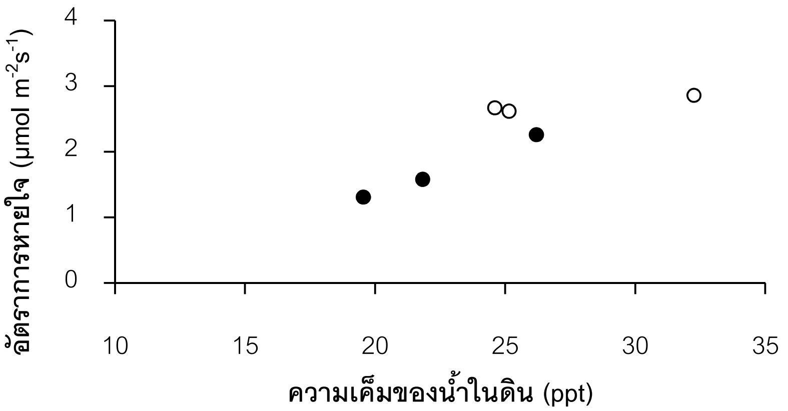
จากการศึกษา light response curve ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 3 5 และ 9 ปี พบว่า light saturation point ของโกงกางใบใหญ่ทุกอายุมีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างฤดูกาล ยกเว้นโกงกางใบใหญ่อายุ 3 ปี ที่พบว่าในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากความเค็มของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Qiu และคณะ (2007) ที่พบว่า light saturation point ของรังกระแท้มีค่าลดลงเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น light saturation point ของโกงกางใบใหญ่ทุกแปลงในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 872-928 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 846-917 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Theuri และคณะ (1999) ที่พบว่า light saturation point ของโกงกางใบใหญ่ในป่าชายเลนรุ่นสอง บริเวณอ่าว Gazy Bay ประเทศเคนย่า มีค่าประมาณ 800 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และใกล้เคียงกับการศึกษาของ Nandy และ Ghose (2005) ที่พบว่า light saturation point ของโกงกางใบใหญ่ในป่าชายเลน Sundarban ประเทศอินเดีย มีค่าประมาณ 989 µmol $m^{-2}s^{-1}$

Light compensation point ของโกงกางใบใหญ่ทุกอายุในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นโกงกางใบใหญ่อายุ 5 ปี ที่มี light compensation point ในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.2) โดย light compensation point ของโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี ในฤดูแล้งมีค่าเท่ากับ 53.45 57.84 41.28 และ 41.24 µmol $m^{-2}s^{-1}$ และในฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 35.12 40.74 39.06 และ 30.49 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ค่า light compensation point ที่ได้จากการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Ong และคณะ (1995) ที่พบว่าค่า light

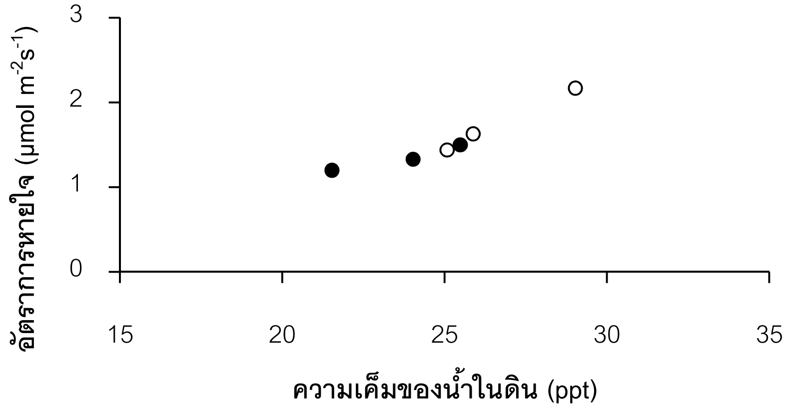
เมื่อพิจารณาอัตราการหายใจของโกงกางใบใหญ่พบว่ามีค่าสูงขึ้นในฤดูแล้งเช่นเดียวกับค่า light compensation point โดยพบว่าอัตราการหายใจของโกงกางใบใหญ่ทุกอายุในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝน ยกเว้นโกงกางใบใหญ่อายุ 5 ปี ที่พบว่าอัตราการหายใจในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน ซึ่งอัตราการหายใจของโกงกางใบใหญ่อายุ 1 ปี ที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้งนั้นพบว่ามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ โดยพบว่าอัตราการหายใจมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอุณหภูมิอากาศอย่างมีนัยสำคัญคือ เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้น พืชมีอัตราการหายใจมากขึ้น (ภาพที่ 5.1) ขณะที่อัตราการหายใจของโกงกางใบใหญ่อายุ 3 และ 9 ปี ที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้งเนื่องมาจากความเค็มของน้ำในดิน โดยพบว่าอัตราการหายใจมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเค็มของน้ำในดินอย่างมีนัยสำคัญ ดังภาพที่ 5.2 และ 5.3 จึงอาจกล่าวได้ว่าอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้งซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของฤดูกาลที่ในฤดูแล้งมีอุณหภูมิและความเค็มสูงกว่าฤดูฝนส่งผลให้ light compensation point มีค่าเพิ่มขึ้น (Glime, 2007; Qiu *et al.*,2007)



ภาพที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจกับอุณหภูมิอากาศของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝน (•) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation, N=6, r=0.750, $P < 0.1$



ภาพที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจกับความเค็มของน้ำในดินของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝน (•) และฤดูแล้ง (o) โดย Pearson correlation, N=6, r=0.952, $P < 0.05$



ภาพที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจกับความเค็มของน้ำในดินของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation, N=6, r=0.843, $P < 0.05$

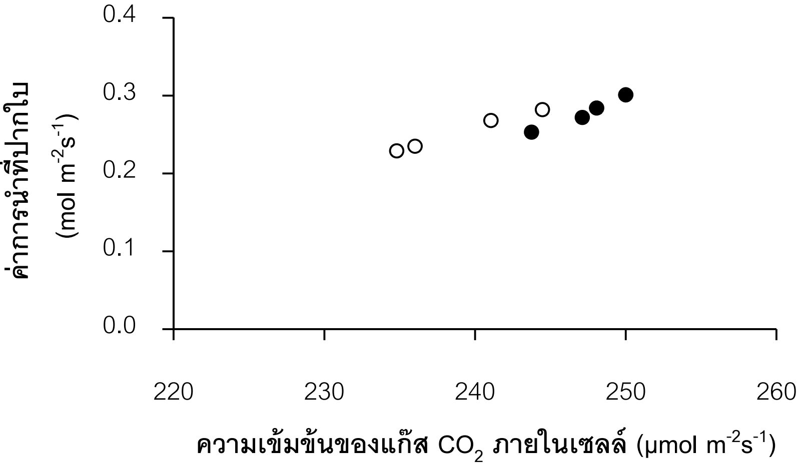
5.3 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี

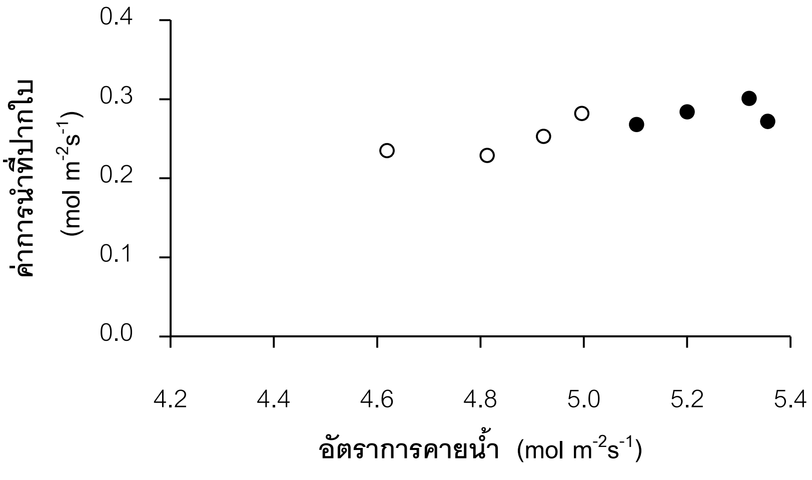
อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดเฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 13.68 และ 12.63 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Clough และ Sim (1989) ที่พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่ในป่าชายเลนทางตอนเหนือของออสเตรเลียและปาปัวนิวกินีมีค่าอยู่ในช่วง 11-12 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ขณะที่การศึกษาของ Nandy และ Ghose (2005) พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ในป่าชายเลน Sundarban มีค่าสูงถึง 15.49 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากในแต่ละพื้นที่ศึกษามีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิอากาศ และความเค็มของน้ำ ซึ่งมีผลอย่างยิ่งต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่ โดยพื้นที่ที่มีอุณหภูมิอากาศและความเค็มของน้ำในดินสูงจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำ (Thueri *et al*, 1999; Khan and Aziz, 2001)

ค่าการนำที่ปากใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 0.283 และ 0.247 mol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ค่าการนำที่ปากใบในฤดูแล้งน้อยกว่าฤดูฝนอาจเนื่องมาจากในฤดูแล้งพืชจะมีการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำโดยการหรี่ปากใบส่งผลให้ค่าการนำที่ปากใบมีค่าลดลง (Lin and Sternberg, 1992)

ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์และอัตราการคายน้ำในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝนเช่นเดียวกับค่าการนำที่ปากใบ เนื่องจากการลดลงค่าการนำที่ปากใบ ส่งผลให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ปากใบลดลง ทำให้มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ลดลง ขณะเดียวกันก็ส่งผลให้อัตราการคายน้ำมีค่าลดลง โดยพบว่าค่าการนำที่ปากใบมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (ภาพที่ 5.4) และอัตราการคายน้ำ (ภาพที่ 5.5) ซึ่งสอดคล้องกับหลายการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าเมื่อค่าการนำที่ปากใบลดลงส่งผลให้ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์และอัตราการคายน้ำมีค่าลดลง (Theuri *et al*., 1999; Nandy and Ghose, 2001)



ภาพที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำที่ปากใบกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation, N=8, r=0.925, $P < 0.01$



ภาพที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำที่ปากใบกับอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation, N=8, r=0.835, $P < 0.01$

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าการนำที่ปากใบ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.959, P < 0.01) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.850, P < 0.01) และอัตราการคายน้ำ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.716, P < 0.05) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาในพืชป่าชายเลนหลายชนิด เช่น พังกาหัวสุม แสมทะเล โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ตะบูน เป็นต้น (Clough and Sim, 1989; Lin and Sternberg, 1992; Thueri *et al.*, 1999) แสดงให้เห็นว่าในฤดูแล้งพืชลดการสูญเสียน้ำโดยการหรี่ปากใบ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ปากใบได้น้อยลง ในขณะเดียวกันก็จะลดอัตราการคายน้ำลงด้วย ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง

ในการศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องมาจากความเค็มของน้ำในดินในฤดูฝนและฤดูแล้งใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับประสิทธิภาพการใช้น้ำไม่มีความสัมพันธ์กัน แสดงว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำไม่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแตกต่างกันระหว่างฤดูกาล

<u>ปัจจัยภายในของพืช</u>

ปริมาณไนโตรเจนในใบในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณไนโตรเจนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 1.93 และ 1.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนในใบมีค่าลดลงในฤดูแล้งอาจเกี่ยวข้องกับช่วงความเค็มที่เหมาะสมในการดูดซึมปริมาณไนโตรเจนของพืชในป่าชายเลน ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Peng (2011) ที่พบว่าช่วงความเค็มที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซึมไนโตรเจนและทำให้ *R. stylosa* มีการสะสมปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุดมีค่าอยู่ในช่วง 15-20 ppt โดยในช่วงความเค็ม 0-15 ppt การสะสมปริมาณไนโตรเจนในใบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีการสะสมมากที่สุดในช่วงความเค็ม 15-20 ppt นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.928, P < 0.05) แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษา

ปริมาณโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากความเค็มของน้ำในดินในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนในใบ

ค่าเฉพาะพื้นที่ใบในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน เนื่องจากพื้นที่ใบและความหนาของใบในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าเฉพาะพื้นที่ใบพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าเฉพาะพื้นที่ใบ

ความหนาของใบในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความหนาของชั้น mesophyll ในฤดูฝนหนากว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความหนาของชั้น hypodermis มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง ชั้น mesophyll ซึ่งประกอบด้วย palisade parenchyma และ spongy parenchyma นั้นพบว่าความหนาของชั้นทั้งสองในฤดูฝนหนากว่าฤดูแล้งจึงส่งผลให้ความหนาของชั้น mesophyll ในฤดูฝนหนากว่าฤดูแล้งด้วย ความหนาของใบ และความหนาขององค์ประกอบต่างๆ ในใบของพืชต่างชนิดกันพบว่าจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลแตกต่างกัน Marin และคณะ (2005) ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของใบ *Brownea coccinea* ซึ่งเป็นไม้ยืนต้น และ *Spatiphylum connifolium* เป็นไม้ล้มลุกในป่าดิบแล้ง ที่เวเนซุเอลา พบว่าจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลแตกต่างกัน โดยใบของ *B. coccinea* มีความหนาของชั้น palisade parenchyma ในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความหนาของใบ และ spongy parenchyma มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในฤดูฝน แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับความหนาในแต่ละชั้นของใบ *S. cannifolium* นั้นไม่พบความแตกต่างระหว่างฤดูกาล เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น mesophyll พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความหนาของชั้น mesophyll (Pearson correlation, $N = 8$, $r = 0.708$, $P < 0.05$) และความหนาของชั้น spongy parenchyma (Pearson correlation, $N = 8$, $r = 0.769$, $P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าความหนาของ

<u>ปัจจัยสิ่งแวดล้อม</u>

ความเค็มของน้ำในดินในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน เนื่องจากพื้นที่มีลักษณะต่ำและเป็นบ่อกุ้งเก่าที่อยู่ติดคลองจึงทำให้การไหลเข้า-ออกของน้ำผ่านท่อเข้ามาในแปลงปลูกได้สะดวก ในฤดูแล้งซึ่งมีการระเหยของน้ำสูงแต่การไหลเข้า-ออกของน้ำขึ้นน้ำลงเกิดขึ้นสม่ำเสมอจึงไม่ทำให้เกิดการตกผลึกของเกลือ (Feller and Sitnik, 2002) คุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำในดิน ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าพบว่าในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับคุณสมบัติของน้ำในดิน พบว่าคุณสมบัติของน้ำในดินไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

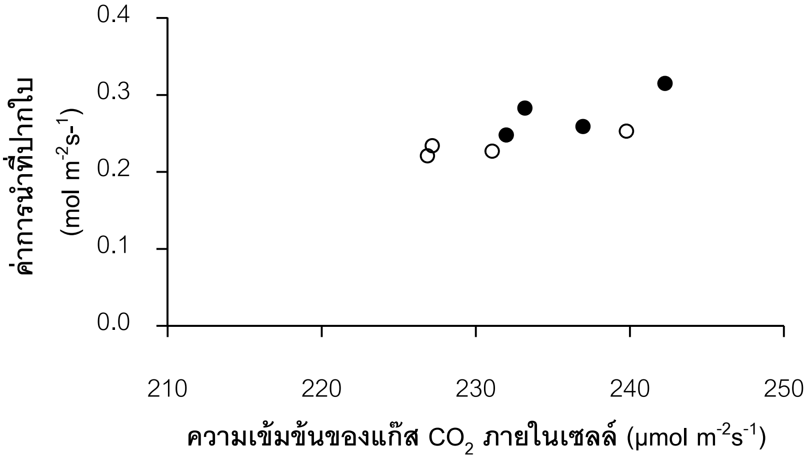
ลักษณะเนื้อดินในฤดูฝนมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย (sandy clay) ขณะที่ฤดูแล้งมีลักษณะเป็นดินเหนียว (clay) เนื่องจากในฤดูฝนมีเปอร์เซ็นต์อนุภาคดินทรายมากกว่าฤดูแล้ง ลักษณะเนื้อดินจึงค่อนไปทางดินร่วนปนทราย อาจเนื่องมาจากแปลงปลูกอยู่ใกล้คลอง จึงได้รับอิทธิพลจากการพัดพาของตะกอนขนาดใหญ่เข้ามาบริเวณแปลง

ความเป็นกรดด่างของดินในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าประมาณ 4-5 ซึ่งค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากเดิมเป็นพื้นที่นากุ้งร้างมาก่อน สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดินในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกันเช่นกัน โดยปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุในการศึกษานี้กับการศึกษาของฐานนันท์ ประทุมมินทร์ (2545) ที่ศึกษาในพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในช่วง 8-14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณอินทรียวัตถุในการศึกษานี้ เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับลักษณะทางเคมีของดิน ได้แก่

อุณหภูมิอากาศพบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Pearson correlation, N = 8, r = -0.734, P < 0.1) ขณะที่ปริมาณน้ำฝนไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีค่าลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Moore (1972) ที่พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของ *R. mangle A. germinans* และฝาดดอกขาวมีค่าลดลง

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดเฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 14.11 และ 12.88 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Clough และ Sim (1989) ค่าการนำที่ปากใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 0.276 และ 0.234 mol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ค่าการนำที่ปากใบในฤดูแล้งน้อยกว่าฤดูฝนอาจเนื่องมาจากในฤดูแล้งมีความเค็มของน้ำในดินมากกว่าฤดูฝน พืชจะมีการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำโดยการหรี่ปากใบส่งผลให้ค่าการนำที่ปากใบมีค่าลดลง (Clough and Sim, 1989; Aziz and Khan, 2001) สำหรับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์และอัตราการคายน้ำในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝนแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าค่าการนำที่ปากใบมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (ภาพที่ 5.6) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการนำที่ปากใบมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Pearson correlation, N = 8, r = 0.876, P < 0.01)



ภาพที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำที่ปากใบกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 3 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (๐) โดย Pearson correlation, $N=8$, $r=0.779$, $P < 0.05$

ในการศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน ทั้งที่ความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝนซึ่งปกติประสิทธิภาพการใช้น้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อพืชอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ขาดน้ำ ดังเช่นหลายการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าพืชในป่าชายเลนจะมีประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น เมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น (Lin and Sternberg, 1992; Clough and Sim, 1989) พืชที่เจริญในที่ที่มีความเค็มสูงนี้จะดูดน้ำไปใช้ได้น้อยลง จึงมีการปรับตัวโดยการลดค่าการนำที่ปากใบ เพื่อลดการสูญเสียน้ำ ส่งผลให้อัตราการคายน้ำลดลง ประสิทธิภาพการใช้น้ำจึงมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างเช่นการศึกษาของ Youssef (2007) พบว่าเมื่อช่วงความเค็มเพิ่มขึ้น (0-30 ppt) ส่งผลให้ปอทะเล (*Hibiscus tiliaceus* L.) ที่ปลูกในเรือนทดลอง มีประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น (3.20-8.93 mmol CO_2 mol^{-1} H_2O) แต่ในการศึกษานี้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของโกงกางใบใหญ่ในฤดูแล้งซึ่งมีความเค็มของน้ำในดินสูงกว่าฤดูฝนมีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างฤดูกาล อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของความเค็มของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้งมีค่าแตกต่างจากฤดูฝนเพียงเล็กน้อย คือแตกต่างกันเพียง 5.37 ppt จึงไม่ส่งผลให้อัตราการคายน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งแตกต่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำไม่แตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์

<u>ปัจจัยภายในของพืช</u>

ปริมาณไนโตรเจนในใบในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณไนโตรเจนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 1.91 และ 1.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนในใบมีค่าลดลงในฤดูแล้งอาจเกี่ยวข้องกับช่วงความเค็มที่เหมาะสมในการดูดซึมปริมาณไนโตรเจนของพืชในป่าชายเลน ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Peng (2011) ที่พบว่าการสะสมปริมาณไนโตรเจนในใบจะค่อยๆ ลดลง เมื่อความเค็มมีค่าสูงกว่า 20 ppt เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด พบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Pearson correlation, $N = 8$, $r = 0.861$, $P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าเพิ่มขึ้น

ปริมาณโซเดียมไอออนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน ทั้งที่ความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณโซเดียมไอออนในใบพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณโซเดียมไอออนในใบ

สำหรับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝนแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 3.14 และ 3.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาจเป็นผลมาจากความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งที่สูงกว่าฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่เพิ่มขึ้น เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น (Atkinson *et. al.,* 1967; Khan and Aziz, 2001) เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบ

ค่าเฉพาะพื้นที่ใบในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าเฉพาะพื้นที่ใบพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าเฉพาะพื้นที่ใบ

ความหนาของใบในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความหนาของชั้น mesophyll ในฤดูแล้งบางกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความหนาของชั้น hypodermis มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากความเค็มของน้ำในดิน อย่างเช่นในการศึกษาของ Parida และคณะ (2004) พบว่า *Bruguiera parviflora* ที่ปลูกในเรือนทดลอง มีความหนาของใบลดลง เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น เนื่องจากความยาวของ palisade cell และจำนวนชั้นของ spongy cell ลดลง และการศึกษาของ Borkar และคณะ (2009) พบว่าแสมทะเลที่ Thane creek ซึ่งอยู่ทางชายฝั่งตอนใต้ของอินเดีย มีความหนาของชั้น palisade parenchyma และ spongy parenchyma ในฤดูแล้ง (ความเค็ม 31.2 ppt) น้อยกว่าฤดูมรสุม (ความเค็ม 16.1 ppt) แต่เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น mesophyll พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาของชั้น mesophyll

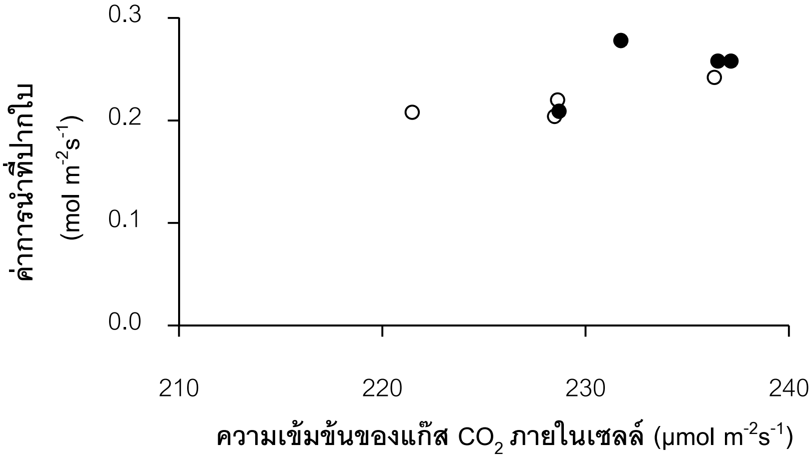
<u>ปัจจัยสิ่งแวดล้อม</u>

ความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน เนื่องจากลักษณะแปลงปลูกอยู่ในพื้นที่สูง ทำให้การไหลเวียนของน้ำในฤดูแล้งไม่สะดวก เมื่อน้ำลงจะมีน้ำบางส่วนขังอยู่ตามแอ่งต่างๆ น้ำที่ขังอยู่ในแอ่งจะค่อยๆระเหยและเกิดการตกผลึกของเกลือ จึงทำให้ความเค็มของน้ำในดินมีค่าสูง ในขณะที่ฤดูฝนได้รับอิทธิพลของน้ำฝนมาช่วยเจือจางความเค็มของเกลือ ทำให้ความเค็มของน้ำในดินในฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าฤดูแล้ง (Alongi, 2009; Guan *et al.*, 2011) คุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำในดิน ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิ พบว่าในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณเกลือที่สามารถละลายได้ทั้งหมดในน้ำ พบว่าค่าการนำไฟฟ้าจะมีแนวโน้มไปทางเดียวกับความเค็มของน้ำในดิน เนื่องจากเกลือส่วนใหญ่ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำทะเลคือเกลือโซเดียมคลอไรด์ (Brink, 1994) เมื่อ

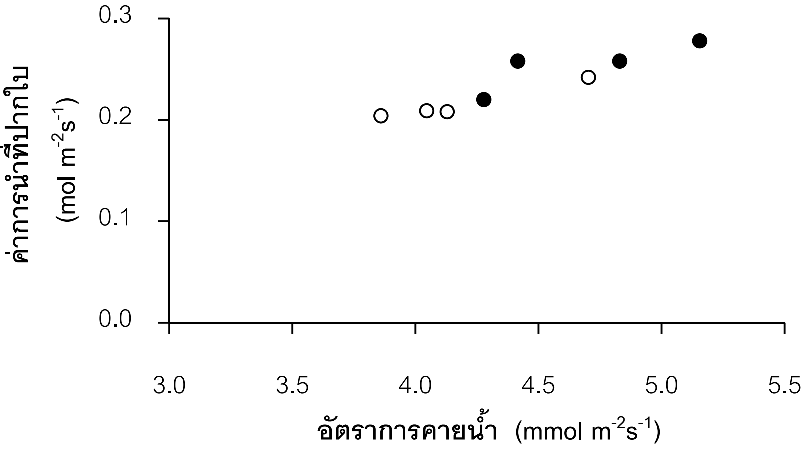
ลักษณะเนื้อดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ความเป็นกรดด่างของดินในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าประมาณ 5-6 สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดินในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกันเช่นกัน โดยปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น (ฐานนันท์ ประทุมมินทร์, 2545) และเมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเป็นกรดด่างและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่าความเป็นกรดด่างและปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดเฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 13.22 และ 12.01 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Clough และ Sim (1989) ค่าการนำที่ปากใบในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝน เช่นเดียวกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์และอัตราการคายน้ำ และพบว่าค่าการนำที่ปากใบมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (ภาพที่ 5.7) และอัตราการคายน้ำ (ภาพที่ 5.8) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าการนำที่ปากใบ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.889, P < 0.01) และอัตราการคายน้ำ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.883, P < 0.01)



ภาพที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำที่ปากใบกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation, N=8, r=0.721, $P < 0.05$

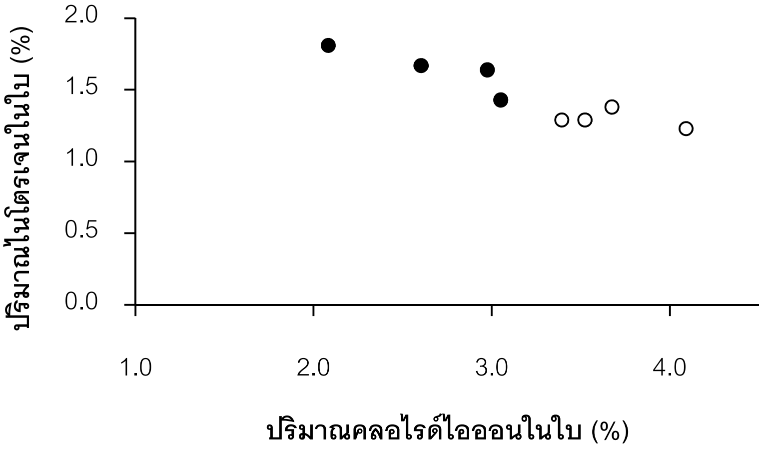


ภาพที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำที่ปากใบกับอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 1 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation, N=8, r=0.926, $P < 0.01$

ในการศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน เนื่องมาจากความแตกต่างของความเค็มของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้งมีค่าแตกต่างจากฤดูฝนเพียงเล็กน้อยคือแตกต่างกันเพียง 3.74 ppt เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับประสิทธิภาพการใช้น้ำ จึงพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการใช้น้ำ

<u>ปัจจัยภายในของพืช</u>

ปริมาณไนโตรเจนในใบในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณไนโตรเจนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 1.64 และ 1.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากความเค็มของน้ำในดินที่สูงในฤดูแล้งส่งผลให้การดูดซึมปริมาณไนโตรเจนในพืชลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Peng (2011) เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนและคลอไรด์ไอออนในใบพบว่าเมื่อปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบเพิ่มขึ้น ปริมาณไนโตรเจนในใบมีค่าลดลง และพบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 5.9) แสดงว่าปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในใบลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Sivanadanam และคณะ (2011) ที่พบว่าความเค็มของน้ำสูง จะส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในใบของโกงกางใบเล็ก *Rhizophora apiculata* Blume และเหงือกปลาหมอดอกม่วง *Acanthus ilicifolius* Linn. ลดลง เนื่องจากการยับยั้งการนำเข้าของไนเตรตไอออนโดยคลอไรด์ไอออน เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนในใบอย่างมีนัยสำคัญ (Pearson correlation, $N = 8$, $r = 0.886$, $P < 0.01$) แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 5 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation, N=8, r=0.931, P < 0.01

ปริมาณโซเดียมไอออนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน ทั้งที่ความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณโซเดียมไอออนในใบพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณโซเดียมไอออนในใบ

สำหรับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 2.68 และ 3.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องมาจากความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบ พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบอย่างมีนัยสำคัญ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.840, P < 0.05) แสดงให้เห็นว่าปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบที่สูงในฤดูแล้ง ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Li และคณะ (2008) ที่พบว่าเมื่อปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบของพังกาหัวสุมดอกแดงและรังกระแท้ (*Kandelia candel*) เพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีค่าลดลง

ค่าเฉพาะพื้นที่ใบในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าเฉพาะพื้นที่ใบพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าเฉพาะพื้นที่ใบ

ความหนาของใบในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความหนาของชั้น mesophyll ในฤดูแล้งน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ความหนาของชั้น hypodermis มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง เนื่องจากความเค็มของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น mesophyll พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความหนาของชั้น mesophyll (Pearson correlation, N = 8, r = 0.708, P < 0.05) แสดงให้เห็นว่าความหนาของชั้น mesophyll ในฤดูแล้ง ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีค่าลดลง

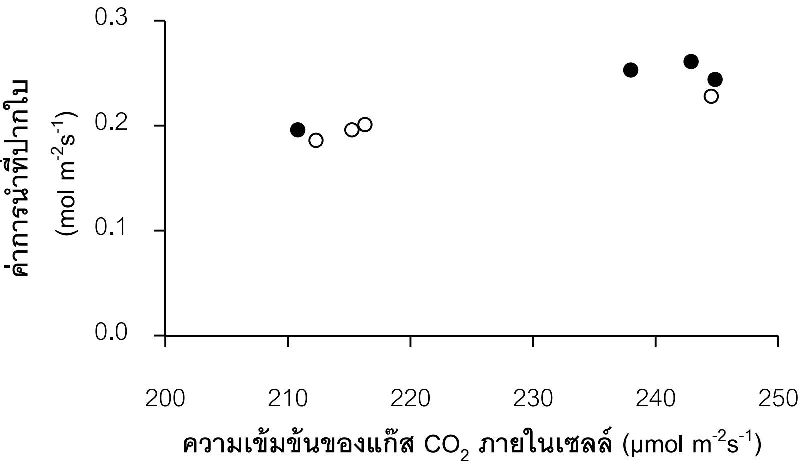
<u>ปัจจัยสิ่งแวดล้อม</u>

ความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน ขณะที่คุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำในดิน ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิ ในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับค่าการนำไฟฟ้าพบว่ามีแนวโน้มไปทางเดียวกับความเค็มของน้ำในดิน เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับคุณสมบัติของน้ำในดิน พบว่าความเค็มของน้ำในดินมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Pearson correlation, N = 8, r = -0.819, P < 0.05)

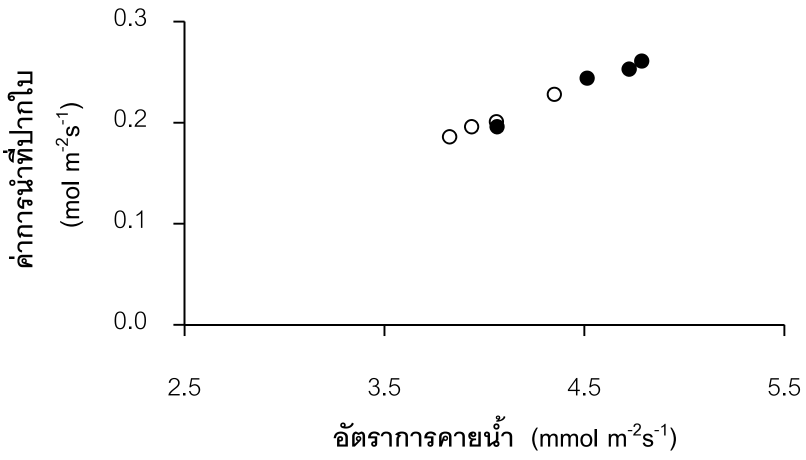
ลักษณะเนื้อดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ความเป็นกรดด่างและปริมาณอินทรียวัตถุในดินในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกันเช่นกัน และไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

โกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดเฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 12.20 และ 11.13 µmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Clough และ Sim (1989) ค่าการนำที่ปากใบใน และความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝน และพบว่าค่าการนำที่ปากใบมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (ภาพที่ 5.10) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการคายน้ำในฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ และพบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างค่าการนำที่ปากใบกับอัตราการคายน้ำ (ภาพที่ 5.11) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าการนำที่ปากใบ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.978, P < 0.01) ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.902, P < 0.01) และอัตราการคายน้ำ (Pearson correlation, N = 8, r = 0.952, P < 0.01)



ภาพที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำที่ปากใบกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation, N=8, r=0.913, P < 0.01

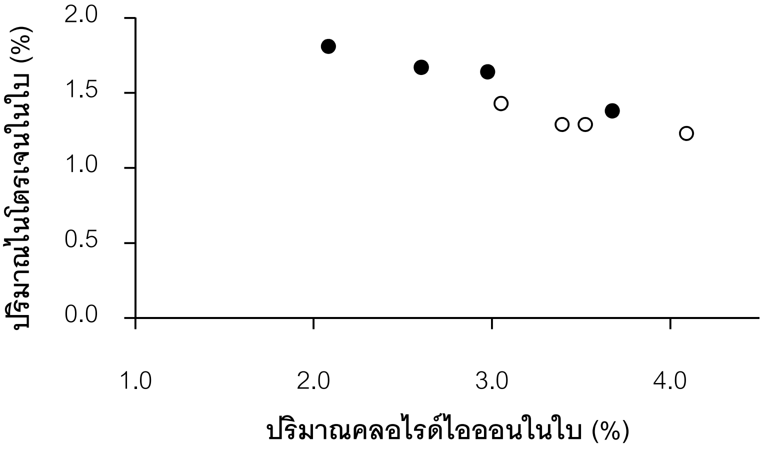


ภาพที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำที่ปากใบกับอัตราการคายน้ำของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation, N=8, r=0.992, $P < 0.01$

ในการศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน เนื่องมาจากความแตกต่างของความเค็มของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้งมีค่าแตกต่างจากฤดูฝนเพียงเล็กน้อยคือแตกต่างกันเพียง 2.78 ppt เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับประสิทธิภาพการใช้น้ำ จึงพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการใช้น้ำ

<u>ปัจจัยภายในของพืช</u>

ปริมาณไนโตรเจนในใบในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณไนโตรเจนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 1.63 และ 1.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากความเค็มของน้ำในดินที่สูงในฤดูแล้งส่งผลให้การดูดซึมปริมาณไนโตรเจนในพืชลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Peng (2011) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนและคลอไรด์ไอออนในใบ โดยปริมาณไนโตรเจนในใบมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบ (ภาพที่ 5.12) แสดงว่าปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในใบลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Sivanadanam และคณะ (2011) เมื่อวิเคราะห์



ภาพที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบของโกงกางใบใหญ่ในแปลงปลูกอายุ 9 ปี ในฤดูฝน (●) และฤดูแล้ง (○) โดย Pearson correlation, N=8, r=0.966, P < 0.01

ปริมาณโซเดียมไอออนในใบในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณโซเดียมไอออนในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 1.56 และ 1.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโซเดียมไอออนในฤดูแล้งที่ต่ำกว่าฤดูฝนทั้งที่ความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน พบว่าแตกต่างจากหลายการศึกษาก่อนหน้านี้ที่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณโซเดียมไอออนในใบมีค่าเพิ่มขึ้น (Aziz and Khan, 2001; Khan and Aziz, 2001; Suarez and Medina, 2006) แต่จากการศึกษาปริมาณโซเดียมไอออนในใบในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้งซึ่งมีความเค็มต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากการท่วมขังของน้ำในฤดูฝนที่ท่วมสูงและนานกว่าฤดูแล้ง ส่งผลต่อการดูดซึมโซเดียมไอออนในพืช คล้ายกับการศึกษาของ Naidoo (1985) ที่พบว่าปริมาณโซเดียมไอออนในยอดของโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกในที่ที่เค็มและมีน้ำท่วมขังจะมีปริมาณโซเดียมไอออนในใบต่ำกว่าที่เจริญใน

สำหรับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบในฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝนแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า 3.29 และ 3.78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สอดคล้องกับความเค็มของน้ำในดินที่ในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูฝน เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบ พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบอย่างมีนัยสำคัญ (Pearson correlation, N = 8, r = -0.754, P < 0.05) แสดงให้เห็นว่าปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบที่สูงในฤดูแล้ง ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลง

ค่าเฉพาะพื้นที่ใบในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าเฉพาะพื้นที่ใบพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับค่าเฉพาะพื้นที่ใบ

ความหนาของใบในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความหนาของชั้น mesophyll ในฤดูแล้งน้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากความเค็มของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความหนาของชั้น mesophyll พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความหนาของชั้น spongy parenchyma (Pearson correlation, N = 8, r = 0.751, P < 0.05) แสดงให้เห็นว่าความหนาของชั้น spongy parenchyma ที่ลดลงในฤดูแล้ง ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดมีค่าลดลง

<u>ปัจจัยสิ่งแวดล้อม</u>

ความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน ขณะที่คุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำในดิน ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิ ในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับค่าการนำไฟฟ้าพบว่ามีแนวโน้มไปทางเดียวกับความเค็มของน้ำในดิน เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับคุณสมบัติของน้ำในดิน พบว่าความเค็มของน้ำในดินมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Pearson correlation, $N = 8$, $r = -0.898$, $P < 0.05$)

ลักษณะเนื้อดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ความเป็นกรดด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุในดินในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกันเช่นกัน และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดกับความเป็นกรดด่างและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของโกงกางใบใหญ่ที่อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร ในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 12.20-14.11 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ และฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 11.13-12.88 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในป่าอื่น เช่น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไม้ป่าเบญจพรรณหลายชนิดบริเวณสถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา ในฤดูฝนพบว่ามีความผันแปรมากโดยมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดอยู่ในช่วง 7-24 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ (สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ และคณะ, 2547)

ปัจจัยภายในของพืชที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงในทุกแปลงปลูกคือ ค่าการนำที่ปากใบ และปริมาณไนโตรเจนในใบ เนื่องจากค่าการนำที่ปากใบเป็นค่าที่มีความเกี่ยวเนื่องกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง สำหรับไนโตรเจนในใบที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างมากกับการสังเคราะห์ด้วยแสงเนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่คือความเค็มของน้ำในดิน เนื่องจากความเค็มเป็นปัจจัยที่สำคัญและส่งผลกระทบที่ชัดเจนในป่าชายเลนต่างจากป่าชนิดอื่น

5.4 ผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่

คำนวณผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงจากดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index) และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดของแต่ละฤดู ซึ่งพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่มีอายุมากขึ้น โดยผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงในฤดูฝนอยู่ในช่วง 55.17-222.40 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ต่อปี และฤดูแล้งอยู่ในช่วง 41.99-191.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ต่อปี (ตารางที่ 5.1) เนื่องจากดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Suwa และคณะ (2006) ที่ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงทั้งเรือนยอด (canopy photosynthesis) ของรังกระแท้ซึ่งมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 4.5 พบว่ามีค่าผลผลิตคือ 58.9 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ต่อปี และการศึกษาของ Suwa และ Hagihara (2008) ที่ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงทั้งเรือนยอดของ *R. stylosa* ซึ่งมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 5.4 พบว่ามีค่าผลผลิตคือ 68 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับค่าผลผลิตที่ได้จากการศึกษาพบว่าค่าผลผลิตที่ได้จากการศึกษามีค่ามากกว่า ทั้งที่มีดัชนีพื้นที่เรือนยอดน้อยกว่าการศึกษาอื่นที่กล่าวข้างต้น เนื่องจากในการศึกษานี้ใช้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดในการคำนวณ

ตารางที่ 5.1 ผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่อายุ 1 3 5 และ 9 ปี

แปลงปลูก อายุ (ปี)	ผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthetic yield)			
	(ton CO_2 $ha^{-1}yr^{-1}$)		(ton C ha^{-1} yr^{-1})	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
1	55.17	41.99	15.05	11.45
3	158.77	139.15	43.30	37.95
5	168.51	135.15	45.96	36.96
9	222.40	191.14	60.66	52.13

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

6.1 Light response curve ของโกงกางใบใหญ่

Quantum yield และ light saturation point ของโกงกางใบใหญ่ในทุกแปลงปลูกทั้ง 2 ฤดูกาลมีค่าใกล้เคียงกัน โดย quantum yield มีค่าอยู่ในช่วง 0.043-0.047 และ light saturation point มีค่าอยู่ในช่วง 846-928 μmol $m^{-2}s^{-1}$ สำหรับ light compensation point และอัตราการหายใจในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูฝน ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและความเค็มของน้ำในดินระหว่างฤดูกาล กล่าวคืออุณหภูมิอากาศและความเค็มของน้ำในดินในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝนทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ light compensation point เพิ่มขึ้น

6.2 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ฤดูกาลที่แตกต่างกันทำให้โกงกางใบใหญ่ทุกแปลงปลูกมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแตกต่างกัน โดยฤดูแล้งมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดอยู่ในช่วง 11.13-12.88 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งน้อยกว่าฤดูฝนที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดอยู่ในช่วง 12.20-14.11 μmol $m^{-2}s^{-1}$ เนื่องจากฤดูกาลส่งผลให้ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเค็มของน้ำในดินแตกต่างกัน และส่งผลต่อปัจจัยอื่นๆ ที่ศึกษา ได้แก่ ค่าการนำที่ปากใบ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ อัตราการคายน้ำ ปริมาณไนโตรเจนในใบ ปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบ และความหนาของชั้น mesophyll โดยความเค็มของน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง ส่งผลให้ค่าการนำที่ปากใบลดลง ซึ่งค่าการนำที่ปากใบที่ลดลงนี้สัมพันธ์ในทางเดียวกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ และอัตราการคายน้ำ นอกจากนี้ความเค็มของน้ำในดินยังส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนและความหนาของชั้น mesophyll ลดลงและส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอไรด์ไอออนในใบทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่มีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ศึกษาแตกต่างกันในแต่ละแปลงปลูก โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงคือ ค่าการนำที่ปากใบ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเซลล์ อัตราการคายน้ำ ปริมาณไนโตรเจนในใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ไอออนในใบ ความหนาของชั้น mesophyll และความเค็มของน้ำในดิน ซึ่งปัจจัยภายในของพืชที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุดคือ ค่าการนำที่ปากใบ และปริมาณไนโตรเจนในใบ เนื่องจากพบว่ามีความสัมพันธ์กับการสังเคราะห์ด้วยแสงของโกงกางใบใหญ่ในทุกแปลงปลูก สำหรับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุดคือ ความเค็มของน้ำในดิน

6.3 ผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของแปลงปลูกโกงกางใบใหญ่

แปลงปลูกโกงกางใบใหญ่มีผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้นเมื่อแปลงปลูกมีอายุมากขึ้น ซึ่งในฤดูฝนมีแนวโน้มของผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่าฤดูแล้ง โดยผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงในฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 55.17-222.40 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ต่อปี และฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 41.99-191.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ต่อปี

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. <u>สรีรวิทยาของพืช</u>. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.

ฐานนันท์ ประทุมมินท์. 2545. <u>การสะสมคาร์บอนของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช.</u> วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สหสาขาวิชา

ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กรม. สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงและการกระจายของป่าชายเลน [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา: http://www.dmcr.go.th/marinecenter/mangrove- lesson2.php [3 กุมภาพันธ์ 2555]

เทียมใจ คมกฤส. 2536. <u>โครงสร้างของไม้ป่าชายเลน</u>. กรุงเทพมหานคร: ฉลองรัตน.

พูลศรี เมืองสง และสนิท อักษรแก้ว. 2540. การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง. <u>ในรายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 10 “การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน : บทเรียนในรอบ 20 ปี”</u>, หน้า II8 1-11. 25-28 สิงหาคม 2540 ณ โรงแรม เจ.บี. หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. <u>ธาตุอาหารพืช</u>. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สนิท อักษรแก้ว. 2541. <u>ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ</u>. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544. <u>สรีรวิทยาของพืช</u>. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี. 2554. <u>ป่าชายเลน: นิเวศวิทยาและพรรณไม้</u>. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

ส่วนบริหารจัดการทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2. 2552. <u>การปลูกป่าชายเลนในประเทศไทย.</u> พิมพ์ครั้งที่ 1. สงขลา: หาดใหญ่เบสเซลส์ แอนด์ เซอร์วิส.

สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน[1]. 2552. คู่มือการเพาะชำกล้าไม้ป่าชายเลน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน[2]. 2552. พันธุ์ไม้ป่าชายเลนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนกลาง. 2552. คู่มือสำรวจการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร. กรุงเทพมหานคร: สามลดา.

ภาษาอังกฤษ

Alongi, D. M. The Energetics of Mangrove Forests. Queensland, Australia: Australian Institute of Marine Science Townsville.

Andrews, T. J. and Muller, G. T. 1985. Photosynthetic Gas Exchange of the Mangrove, Rhizophora stylosa Griff., in Its Natural Environment. Oecologia 65: 449-455.

Andrews, T. J., Clough, B. F. and Muller, G. J. 1984. Photosynthetic gas exchange and carbon isotope ratios of some mangroves in North Queensland. In: Teas, H. J. (ed), Physiology and Management of Mangroves. Tasks for Vegetation Science. Vol. 9. Junk, The Hague.

Anten, N. P. R., Hernandez, R. and Medina, E. M. 1996. The photosynthetic capacity and leaf nitrogen concentration as related to light regime in shade leaves of a montane tropical forest tree, *Tetrorchidium rubrivenium*. Functional Ecology 10: 491-500.

Atkinson, M. R., Findlay, G. P., Hope, A. B., Pitman, M. G., Saddler, H. D. W. and West, K. R. 1967. Salt regulation in the mangroves *Rhizophora mucronata* Lam. and *Aegialitis annulata* R. BR. Australian Journal of Biological Sciences 20: 589-599.

Atwill, P. W. and Clough, B. F. 1980. Carbon dioxide and water vapour exchange in the white mangrove. Photosynthetica 14: 40–47.

Aziz, I. and Khan, M. A. 2001. Sea water tolerance in *Rhizophora mucronata*. Pakistan Journal of Botany 33: 619-628.

Ball, M. C. and Critchley, C. 1982. Photosynthetic responses to irradiance by the grey mangrove Avicennia marina grown under different light regimes. Plant Physiol 70: 1101–1106.

Ball, M. C. and Farquhar, G. D. 1984. Photosynthetic and stomatal responses of two mangrove species, *Aegiceras corniculatum* and *Avicennia marina*, to long term salinity and humidity conditions. Plant Physiol 74: 1-6.

Bond, B. J. 2000. Age-related changes in photosynthesis of woody plants. Trends in Plant Science 5: 349-353.

Borkar, M. U., Athalye, R. P. and Goldin, Q. 2009. Salinity induced changes in the leaf anatomy of the mangrove *Avicennia marina* along the anthropogenically stressed tropical creek. Journal of Coastal Development 14: 191-201.

Bouyoucos, G. L. 1926. Estimation of the colloidal material in soils. Science 64: 362.

Chen, S., Li, J., Wang, S., Huttermann, A. and Altman, A. 2001. Salt, nutrient uptake and transport and ABA of *Populus euphratica*; a hybrid in response to increasing soil NaCl. Trees-Structure Function 15: 186-194.

Chen, L., Tam, F. Y. N., Huang, J., Zeng, X., Meng, X., Zhong, C., Wong, Y. S. and Lin, G. 2008. Comparison of ecophysiological characteristics between introduced and indigenous mangrove species in China. Estuarine, Coastal and Shelf Science 79: 644–652.

Clough, B. F. and Sim, R. G. 1989. Changes in gas exchange characteristics and water use efficiency of mangroves in response to salinity and vapour pressure deficit. Oecologia 79: 38-44.

Clough, B. F. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. Mangrove and Salt Marshes 2: 191-198.

Colmer, T. D. and Flowers, T. J. 2008. Flooding tolerance in halophytes. New Phytologist 179: 964-974.

Duke, N. C. 2006. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry [online]. Available from: www.traditionaltree.org [9 February 2012].

Feller and Sitnik. 2002. Mangrove Ecology: A manual for a field course. Washington. DC: Smithsonian Institution 1996.

Glime, J. M. 2006. Bryophyte Ecology [Online]. Avaliable from : http://www.bryoecol.mtu.edu/ [2012, March 21]

Gratani, L. and Bombelli, A. 1999. Leaf anatomy, inclination, and gas exchange relationships in evergreen sclerophyllous and drought semideciduous shrub species. Photosynthetica 37: 573-585.

Gulías, J., Flexas, J., Mus, M., Cifre, J., Lefi, E. and Medrano, H. 2003. Relationship between Maximum Leaf Photosynthesis, Nitrogen Content and Specific Leaf Area in Balearic Endemic and Non-endemic Mediterranean Species. Annals of Botany 92: 215-222.

Hanba, Y. T., Miyazawa, S. I. and Terashima, I. 1999. The influence of leaf thickness on the CO_2 transfer conductance and leaf stable carbon isotope ratio for some evergreen tree species in Japanese warmtemperate forests. Functional Ecology 13: 632–639.

Hölscher, D., Leuschner, C., Bohman, K., Hagemeier, M., Juhrbandt, J. and Tjitrosemito, S. 2006. Leaf gas exchange of trees in old-growth and young secondary forest stand in Sulawesi, Indonesia. Trees 20: 278-285.

Jackson, M. L. 1973. Soil Chemical Analysis. New Delhi, India: Prentice Hall.

Johnson, I. R., Parsons, A. J. and Ludlow, M. M. 1989. Modeling photosynthesis in monocultures and mixtures. Australian Journal of Plant Physiology 16: 501-516.

Kao, W. Y., Tsai, H. C. and Tsai, T. T. 2001. Effect of NaCl and nitrogen availability on growth and photosynthesis of seedlings of a mangrove species, *Kandelia candel* (L.) Druce. Journal of Plant Physiol 158: 841-846.

Kato, S., Panitchat, S., Boonming, S., Teratnatorn, V., Saito, N., Kojima, T., Matsui, T., Thanasukarn, P., Chantrapromma, K. and Aksornkoae, S. 2008. Rehabilitation of Abandoned Shrimp Ponds through Mangrove Planting at Nakhon Si Thammarat, Southern Thailand: Investigation of a Food Chain System at a Newly Developed Mangrove Ecosystem. Walailak Journal of Science and Technology 5: 137-149.

Kenzo, T., Ichie, T., Watanabe, Y., Yoneda, R., Ninomiya, I. and Koike, T. 2006. Changes in Photosynthesis and leaf characteristics with tree height in five dipterocarp species in a tropical rain forest. Tree Physiology 26: 865-873.

Khan, M. A. and Aziz, I. 2001. Salinity tolerance in some mangrove species from Pakistan. Wetlands Ecology and Management 9: 219-223.

Komiyama, A., Poungparn, S. and Kato, S. 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. Journal of Tropical Ecology 21: 471-477.

Krauss, K. N., Twilley, R. R., Doyle, T. W. and Gardiner, E. S. 2006. Leaf gas exchange characteristics of three neotropical mangrove species in response to varying hydroperiod. Tree Physiology 26: 959-968.

Lambers, H., Chapin, F. S. and Pons, T. L. 2008. Plant Physiological Ecology. Second edition. Springer Science, Business Media, LLC.

Lawlor, D. W. 1993. Photosynthesis: Molecular, Physiological and Environmental Processes. Second edition. British Library Cataloguing in Publication Data.

Li, N., Chen, S., Zhou, X., Li, C., Shao, J.,Wang, R., Fritz, E., Huttermann, A. and Polle, A. 2008. Effect of NaCl on photosynthesis, salt accumulation and ion compartmentation in two mangrove species, *Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorhiza*. Aquatic Botany 88: 303–310.

Lin, G. and Sternberg, L. S. L. 1992. Comparative study of water uptake and photosynthetic gas exchange between scrub and fringe red mangrove, *Rhizophora mangle* L. Oecologia 90: 399-403.

Lovelock, C. E. and Feller, I. C. 2003. Photosynthetic performance and resource utilization of two mangrove species coexisting in a hypersaline scrub forest. Oecologia 134: 455-462.

Lovelock, C. E. and Ball, M. C. 2002. Salinity: Environment - Plants - Molecules. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Marin, O., Rengifo, E., Herrera, A. and Tezara, W. 2005. Seasonal change in water relations, photosynthesis and leaf anatomy of two species growing along a natural CO_2 gradient. Ecology 30: 33-38.

Moore, R. T., Miller, P. C., Albright, D. and Tieszen, L. L. 1972. Comparative gas exchange characteristics of three mangrove species during the winter. Photosynthetica 6: 387-393.

Moore, R. T., Miller, P. C., Ehleringer, J. and Lawrence, W. 1973. Seasonal Trends in Gas Exchange Characteristics of Three Mangrove Species. Photosynthetica 7: 387-394.

Mueller-Dombois, D. and Ellenberg. H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. New York : Wiley.

Naidoo, G. 1985. Effect of waterlogging and salinity on plant water relations and on the accumulation of solutes in three mangrove species. Aquatic Botany 22: 133-143.

Naidoo, G., Rogalla, H. and Willert, D. J. 1997. Gas exchange responses of a mangrove species, *Avicennia marina,* to waterlogged and drained condition. Hydrobiologia 352: 39-47.

Nandy, P. and Ghose, M. 2001. Photosynthesis and Water-Use Efficiency of Some Mangroves from Sundarbans, India. Journal of Plant Biology 44: 213-219.

Nandy, P. and Ghose, M. 2005. Photosynthesis and Water-Use Characteristics in Indian Mangroves. Journal of Plant Biology 48: 245-252.

Nandy, P., Das, S. and Ghose, M. 2005. Relation of leaf micromorphology with photosynthesis and water efflux in some Indian mangroves. Acta Botanica Croatica 64: 331-340.

Nandy, P., Das, S., Ghose, M. and Spooner-Hart, R. 2007. Effects of salinity on photosynthesis, leaf anatomy, ion accumulation and photosynthetic nitrogen use efficiency in five Indian mangroves. Wetlands Ecology and Management 15: 347–357.

Nebel, G., Dragsted, J. and Vega, A. S. 2001. Litter fall biomass and net primary production in flood plain forests in the Peruvian Amazon. Forest Ecology and Management 150: 93-102.

Ong, J. E., Khoon, G. W. and Clough, B. F. 1995. Structure and productivity of a 20-year-old stand of *Rhizophora apiculata* Bl. mangrove forest. Journal of Biogeography 22: 417-424.

Parida, A. K., Das, A. B. and Mittra, B. 2004. Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora.* Trees 18: 167-174.

Peng, Y., Chen, Z., Lui, M. and Chen, G. 2011. Effects of Salinity on Purification Efficiency of Constructed Wetland with Mangrove Plant *Rhizophora stylosa* for Eutrophic Wastewater Treatment. Project of Chinese Ministry of Science and Technology. 2127-2130.

Preecha K., Chayan P. and Vinai S. 2011. Estimation of leaf area using digital image. Khon Kaen Agriculture Journal 39: 392-397.

Qiu, D. L., Lin, P. and Guo, S. Z. 2007. Effects of salinity on leaf characteristics and CO_2/H_2O exchange of *Kandelia candel* (L.) Druce seedlings. Journal of forest science 53: 13-19.

Schulze, E. D. and Caldwell, M. M. 1995. Ecophysiology of photosynthesis. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Sivanadanam, V., Neelamegam, R. and Chellappan, K. P. 2011. Salinity effects: III On Nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) uptake in *Rhizophora apiculata* Blume and *Acanthus ilicifolius* Linn seedlings. Plant Archives 11: 141-146.

Smitinand, T. and Larsen, K., eds. 1981. Flora of Thailand (Vol.2). Bangkok.

Sobrado, M. A. 1999. Drought effects on photosynthesis of the mangrove, *Avicennia germinans*, under contrasting salinities. Trees 13: 125-130.

Sobrado, M. A. 2005. Leaf characteristics and gas exchange of the mangrove *Laguncularia racemosa* as affected by salinity. Photosynthetica 43:217-221.

Sobrado, M., A. 2007. Relationship of water transport to anatomical features in the mangrove *Laguncularia racemosa* grown under contrasting salinities. New Phytologist 173: 584-591.

Suarez, N. 2003. Leaf longevity, construction, and maintenance costs of three mangrove species under field conditions. Photosynthetica 41: 373-381.

Suarez, N. 2006. Influence of salinity on Na^+ and K^+ accumulation, and gas exchange in *Avicennia germinans*. Photosynthetica 44: 268-274.

Sudhir, P. and Murthy, S. D. S. 2004. Effects of salt stress on basis processes of photosynthesis. Photosynthetica 42: 481-486.

Sukardjo, S. and Yamada, I. 1992. Biomass and productivity of a *Rhizophora mucronata* Lamarck plantation in Tritih, Central Java, Indonesia. Forest Ecology and Management 49: 195-209.

Suwa, R., Khan, M. N. I. and Hagihara, A. 2006. Canopy photosynthesis, canopy respiration and surplus production in a subtropical mangrove *Kandelia candel* forest, Okinawa Island, Japan. Marine Ecology Progress Series 320: 131–139.

Suwa, R. and Hagihara, A. 2008. Seasonal changes in canopy photosynthesis and foliage respiration in a *Rhizophora stylosa* stand at the northern limit of its natural distribution. Wetlands Ecology and Management 16: 313–321.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant physiology. forth edition. Sunderland, Mass: Sinauer Associates.

Theuri, M. M., Kinyamario, J. I. and Speybroeck, D. V. 1999. Photosynthesis and related physiological processes in two mangrove species, *Rhizophora mucronata* and *Ceriops tagal,* at Gazi Bay, Kenya. African Journal of Ecology 37: 180-193.

Tuffer, A., Naidoo, G. and Willert, D. J. V. 2001. Low salinities adversely affect photosynthetic performance of the mangrove, *Avicennia marina*. Wetlands Ecology and Management 9: 225–232.

Twilley, R. R., Chen, R. H. and Hargris, T. 1992. Carbon sinks in mangrove and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. Water Air and Soil Pollution 64: 265-288.

Vannucci, M. 2004. Mangrove Management and Conservation. United Nations University Press, United States of America.

Youssef, T. 2007. Stomatal, biochemical and morphological factors limiting photosynthetic gas exchange in the mangrove associate *Hibiscus tiliaceus* under saline and arid environment. Aquatic Botany 87: 292-298.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer method)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Sedimental cylinder
2. Dispersing apparatus
3. Hydrometer
4. Thermometer
5. Plunger
6. Beaker 125 มิลลิลิตร
7. Wash bottle
8. นาฬิกาจับเวลา

สารเคมี

1. สารละลาย Calgon 5% เตรียมโดยละลาย Sodium hexameta phosphate 50 กรัม และ Sodium carbonate 8.3 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

2. Amyl alcohol

วิธีวิเคราะห์

ชั่งดิน (ที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงขนาดตา 2 มิลลิเมตร) หนัก 50 กรัม ใส่ Beaker 125 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Calgon 5% 100 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ค้างคืน ถ่ายสารละลายดินลงไปใน Dispersion cup ใช้ขวดฉีดน้ำล้างเอาดินที่ติดใน Beaker ให้หมด แล้วปั่น 3 นาที ถ่ายสารละลายดินที่ปั่นแล้วลงใน Sedimentation cylinder ล้างดินที่อยู่ใน Cup ให้หมดด้วยขวดฉีดน้ำ เติมน้ำกลั่นลงไปจนถึงขีดล่างของ Cylinder (1130 มิลลิลิตร) โดยในขณะนี้มี Hydrometer ลอยอยู่ด้วย เอา Hydrometer ออกแล้วใช้ Plunger กวนให้ได้สารแขวนลอยดินที่สมบูรณ์อีกครั้งหนึ่ง ใช้เวลากวนประมาณ 1 นาที (ในขณะนี้ถ้ามีฟองเกิดขึ้นมากให้กำจัดฟองโดยหยด Amyl alcohol 2-3 หยด จนหมดฟอง) จากนั้นค่อยๆ หย่อน Hydrometer ลงไป อ่านค่าบนก้าน

วิธีการคำนวณ

สมมุติให้ Rs 40s = กลุ่มอนุภาคดินตะกอน + กลุ่มอนุภาคดินเหนียว กรัม/ลิตร

จะได้ Rs 40s = [Rt 40s + 0.36(t 40s–20)] + [Cr 40s + 0.5(r 40s–20)] ------------------------ (1)

สมมุติให้ Rs 2h = กลุ่มอนุภาคดินเหนียว กรัม/ลิตร

จะได้ Rs 2h = [Rt 2h + 0.36(t 2h-20)] – [Cr 2h+0.5(r 2h-20)] -----------------------------------(2)

กลุ่มอนุภาคดินตะกอน = (1) – (2) กรัม/ลิตร ---(3)

กลุ่มอนุภาคดินทราย = 50 – (1) กรัม/ลิตร ---(4)

เนื่องจากสารละลายดิน 1130 มิลลิลิตร ได้จากดิน 50 กรัม

ดังนั้น % ของดินเหนียว = 2 x (2)

% ของดินร่วน = 2 x (3)

% ของดินทราย = 2 x (4)

นำเปอร์เซ็นต์ที่ได้อ่านชื่อลักษณะเนื้อดินจากแผนภาพสามเหลี่ยมจำแนกชนิดดิน

การวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Walley-Black method)

อุปกรณ์

1. Erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร
2. Pipette
3. Analytical Balance
4. Buret
5. Cylinder 100 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. สารละลาย Standard 1.0 $K_2Cr_2O_7$
2. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
3. สารละลาย Ferrous Ammonium Sulfate (FAS) 0.5 นอร์มอล
4. O-phosphoric acid
5. Diphenylamine indicator
6. ของแข็ง NaF

วิธีเตรียมสารเคมี

1. Standard 1.0 $K_2Cr_2O_7$: ละลาย $K_2Cr_2O_7$ (A.R.grade) 49.04 กรัม ที่ผ่านการอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น: กรด H_2SO_4 (A.R. grade) ที่มีความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 96% (ถ้าดินมี Cl^- สูง เช่น ดินเค็มให้เติม Ag2SO4 ในอัตรา 15 กรัมต่อลิตร ในสารละลายกรด H_2SO_4 ด้วย เพื่อป้องกันการ interfere จาก Cl^-)

3. Diphenylamine indicator: ชั่ง Diphenylamine 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 เข้มข้น 100 มิลลิลิตร

4. สารละลาย Ferrous Ammonium Sulfate (FAS) 0.5 นอร์มอล: $(Fe(NH_4).(SO_4)_2.6H_2O$ 196.1 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร ที่มีกรด H_2SO_4 เข้มข้นอยู่ 20 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล

5. O-phosphoric acid: ความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 85%

6. ของแข็ง NaF

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งดิน 1 กรัม (ปริมาณตัวอย่างอาจลดลงได้ตามความเหมาะสม ถ้าดินนั้นมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง) ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Standard $K_2Cr_2O_7$ 1.0 นอร์มอล 10 มิลลิลิตร โดย H_2SO_4 เข้มข้น 20 มิลลิลิตร พยายามให้กรดไหลลงข้าง flask ให้ชะล้างตัวอย่างลง flask ให้หมด เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดดินเกาะอยู่ตามข้าง flask เขย่าให้เข้ากันดีประมาณ 1 นาที ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง

2. เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เติมอินดิเคเตอร์ประมาณ 3-4 หยด เข้าอีกครั้งจนเข้ากันดี สีของสารละลายจะเป็นสีม่วงปนน้ำเงิน (ถ้าเป็นสีเขียวแสดงว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุมากเกินไป ต้องทำใหม่โดยชั่งตัวอย่างดินให้น้อยลง

3. ไตเตรตด้วย FAS 0.5 นอร์มอล ที่จุด end point สีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแกมน้ำเงิน

4. ทำ blank เปรียบเทียบทุกครั้ง

วิธีคำนวณ

$$\% \text{ organic matter (O.M.)} = 10 \times \frac{(B-S)}{B} \times \frac{0.6716}{\text{น้ำหนักดิน (กรัม)}} \times N$$

B = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรต blank

S = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ (ในกรณที่ความเข้มข้นไม่ใช่ 1.0 นอร์มอล)

คำแนะนำ

1. เนื่องจากการเตรียม Standard $K_2Cr_2O_7$ 1.0 นอร์มอล มักเตรียมคราวละมากๆ ดังนั้น normality ของ standard จะไม่เท่ากับ 1.0 นอร์มอล ในกรณีเช่นนี้ควรเตรียม Standard $K_2Cr_2O_7$ ที่แน่นอน 100 มิลลิลิตร เพื่อเอาไปหา normality ที่แท้จริงของ สารละลาย $K_2Cr_2O_7$

2. การชั่งตัวอย่างดิน ถ้าดินนั้นมีสีดำ ควรชั่งดินปริมาณน้อยลง แต่ถ้าเป็นดินทรายควรชั่งปริมาณเพิ่มขึ้น และน้ำหนักดินที่ชั่งต้องแน่นอน

3. ปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ต้องเป็นค่าที่แน่นอน เนื่องจาก $K_2Cr_2O_7$ ในกรดเป็น strength oxidizing agent ทำหน้าที่ oxidizable ให้เป็น CO_2 แล้วไตเตรตด้วย $(Fe(NH_4).(SO_4)_2.6H_2O$ เพื่อหาปริมาณที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาของ oxidizing agent

4. เติม O-phosphoric acid เพื่อเวลาไตเตรตจะเห็นสีได้ชัดขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ในพืชโดยวิธี silver titration

สารเคมีและอุปกรณ์

1. กรดอะซีติก (CH_3COOH) ความเข้มข้น 10%
2. สารละลายโพแทสเซียมโครเมต (K_2CrO_4) ความเข้มข้น 1%

   สารละลายโพแทสเซียมโครเมต 1 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
3. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มาล

   3.1 ทำโซเดียมคลอไรด์ให้แห้งในเดสซิเคเตอร์

   3.2 ละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.5844 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
4. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรตมาตรฐานความเข้มข้น 0.02 นอร์มาล : ละลาย $AgNO_3$ 0.3397 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. บดตัวอย่างพืช
2. เผาให้เป็นเถ้าที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส
3. หยดสารละลายกรดอะซีติกลงในสารละลายตัวอย่างพืช จนกระทั่งสารละลายมี pH ประมาณ 7 (ถ้าปรับ pH แล้วเป็นกรดมากเกินไปให้ใช้โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต; $NaHCO_3$)
4. หยดสารละลายโพรแทสเซียมโครเมต (K_2CrO_4) 5 หยด
5. ไตเตรตด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตมาตรฐาน($AgNO_3$) จนกระทั่งเกิดตะกอนสีน้ำตาลแดง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาตรคลอไรด์ในตัวอย่างพืช (\%)} = \frac{V \times N \times 0.0355 \times 100}{W}$$

V = ปริมาตรสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตมาตรฐานที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตมาตรฐานที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง (นอร์มาล)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืช (กรัม)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุธาทิพย์ อำนวยสิน เกิดเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2530 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนดัดดรุณี จังหวัดฉะเชิงเทรา ในปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) จากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2551 โดยได้รับทุนโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) และเข้าศึกษาต่อด้วยทุนโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ในหลักสูตรวิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552