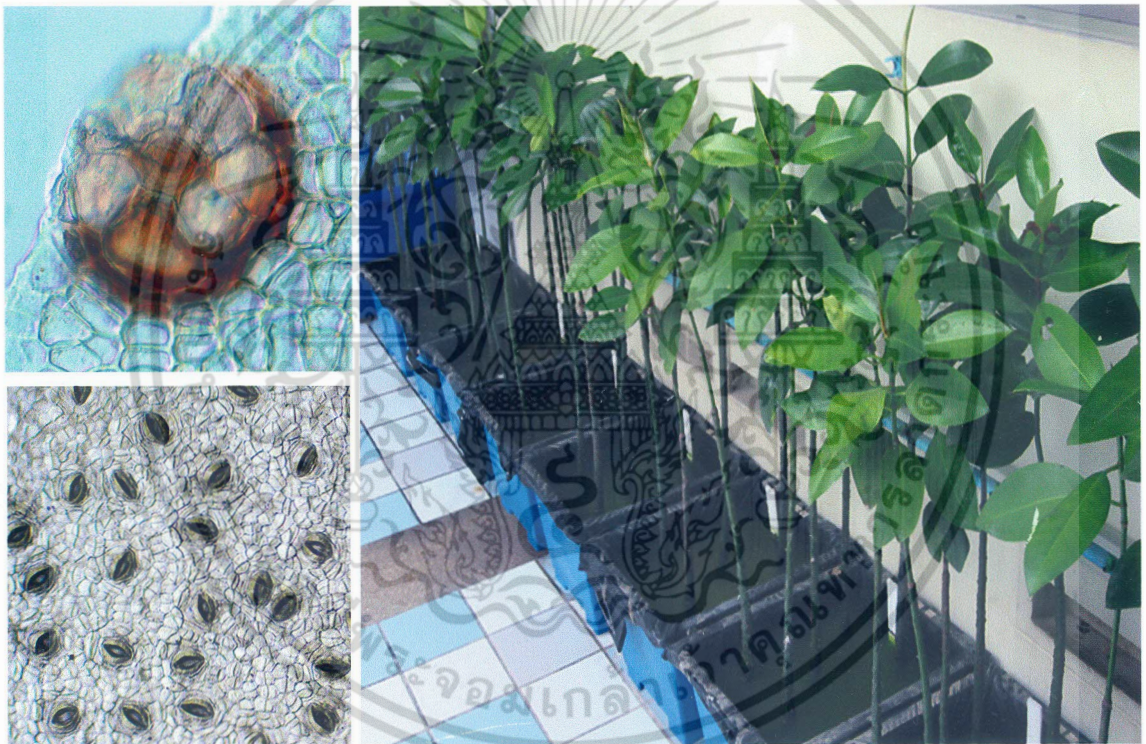


# รายงานการวิจัย

การใช้ต้นโกงกางลดปริมาณของเสียจากการเพาะเลี้ยง  
สัตว์น้ำในสภาพความเค็มต่างกัน

Using mangrove tree to decrease waste from  
aquaculture in different salinities



สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมง  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกรังได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมง ประจำปีงบประมาณ 2552 การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
บทคัดย่อ	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	19
ผลการทดลองและวิจารณ์	20
สรุป	28
เอกสารอ้างอิง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเจริญเติบโตของ <i>Rhizophora mucronata</i> ในน้ำที่ระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt ในระยะเวลา 6 เดือน	8
2	การเจริญเติบโตของ <i>Rhizophora mucronata</i> ในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt ในระยะเวลา 12 เดือน	9
3	ผลของ NaCl ต่อปริมาณ chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll และ carotenoid ในใบของต้นโกงกางสายพันธุ์ <i>Aegiceras corniculatum</i>	18
4	ประสิทธิภาพการลดปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และ ฟอสเฟตของต้นโกงกางในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความเค็มต่างๆ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักแห้งของต้นโกงกางชนิด <i>Avicennia marina</i> , <i>Ceriops tagal</i> และ <i>Rhizophora mucronata</i> ที่ปลูกในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt	5
2	ความสูงของต้นโกงกางชนิด <i>Avicennia marina</i> , <i>Ceriops tagal</i> และ <i>Rhizophora mucronata</i> ที่ปลูกในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt	5
3	อัตราการเจริญเติบโตของ <i>Kandelia candel</i> ในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 5 และ 20 ppt ร่วมกับการใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส NP11, NP13, NP22, NP31 และ NP33	6
4	การเจริญเติบโตของ <i>Kandelia candel</i> ที่ระดับความเค็ม 0, 5 และ 20 ppt ร่วมกับการใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส NP-11, NP-13, NP-22, NP-31 และ NP-33 (A) พื้นที่ใบต่อต้น (B) น้ำหนักแห้งของใบต่อต้น (C) ความยาวของต้น (D) น้ำหนักแห้งของต้น	7
5	อัตราการเจริญเติบโตของ <i>Avicennia germinans</i> ในความเข้มข้นของ NaCl 0, 170, 430, 680 และ 940 mol/m <sup>3</sup>	8
6	การสะสมปริมาณ sodium ions ในต้นโกงกางสายพันธุ์ <i>Avicennia marina</i> , <i>Ceriops tagal</i> และ <i>Rhizophora mucronata</i> ที่ระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt	9
7	การสะสมปริมาณ chloride ions ในต้นโกงกางสายพันธุ์ <i>Avicennia marina</i> , <i>Ceriops tagal</i> และ <i>Rhizophora mucronata</i> ในน้ำที่มีความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt	10
8	แสดงความเข้มข้นของไอออนของ <i>Rhizophora mucronata</i> ในระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt	10
9	การสะสมปริมาณ Na <sup>+</sup> ในใบของต้นโกงกางสายพันธุ์ <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ที่อยู่ในสภาวะความเข้มข้นของ NaCl ต่างกัน	11
10	ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมปริมาณ Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> และอัตราส่วน K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> ในใบต้นโกงกางชนิด <i>H. tiliaceus</i>	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	การสะสม $\text{Cl}^-$ ในใบของต้นโกงกางชนิด <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ในสภาวะที่มีปริมาณ $\text{NaCl}$ ต่างกัน	12
12	การสะสมเกลือในเนื้อเยื่อใบที่ความเค็มต่างกันของ <i>Acanthus ilicifolius</i> , <i>Aegiceras corniculatum</i> และ <i>Avicennia marina</i>	12
13	การสะสม $\text{Na}^+$ ที่ก้านใบของต้นโกงกางชนิด <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ที่ระดับความเข้มข้นของ $\text{NaCl}$ ต่างกัน	13
14	การสะสม $\text{Cl}^-$ ที่ก้านใบของต้นโกงกางชนิด <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ที่ระดับความเข้มข้นของ $\text{NaCl}$ ต่างกัน	13
15	การสะสม $\text{Na}^+$ ในต้นอ่อนของต้นโกงกางชนิด <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ที่ระดับความเข้มข้นของ $\text{NaCl}$ ต่างกัน	14
16	การสะสม $\text{Cl}^-$ ในต้นอ่อนของต้นโกงกางชนิด <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ที่ระดับความเข้มข้นของ $\text{NaCl}$ ต่างกัน	14
17	การสะสม $\text{Na}^+$ ในรากของต้นโกงกางชนิด <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ที่มีปริมาณ $\text{NaCl}$ ต่างกัน	15
18	การสะสม $\text{Cl}^-$ ในรากของต้นโกงกางชนิด <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ที่มีปริมาณ $\text{NaCl}$ ต่างกัน	15
19	การขับเกลือของต้นโกงกางสายพันธุ์ <i>Acanthus ilicifolius</i> , <i>Aegiceras corniculatum</i> และ <i>Avicennia marina</i>	16
20	การสังเคราะห์แสงของต้นโกงกางชนิด <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ในช่วงเวลาต่างๆ และระดับความเค็มที่ต่างกัน	17
21	การรับแสงที่ใบของต้นโกงกางชนิด <i>K. candel</i> และ <i>B. gymnorhiza</i> ในช่วงเวลาต่างๆ และระดับความเค็มที่ต่างกัน	17
22	ความสูงของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt	20
23	จำนวนใบของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	การเพิ่มพื้นที่ใบของต้นโกกาทง (%) ที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt	21
25	ความหนาของใบต้นโกกาทงที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt	22
26	จำนวนปากใบของต้นโกกาทงที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt	22
27	แสดง cork wart ใต้ใบต้นโกกาทงที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 15, 25 และ 35 ppt	23
28	การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกกาทง	24
29	การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกกาทง	24
30	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเป็นด่างของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกกาทง	25
31	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกกาทง	25
32	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกกาทง	26
33	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกกาทง	26
34	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสเฟตของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกกาทง	27

## บทนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและสัตว์ทะเลแบบหนาแน่น มักจะพบปัญหาของเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์จากสิ่งขับถ่ายและอาหารที่เหลือตกค้างปริมาณมาก ในสารอินทรีย์จะมีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำชนิดต่างๆ รวมทั้งแพลงก์ตอนพืช ซึ่งน้ำที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงจะส่งผลต่อคุณสมบัติของน้ำและทำให้สัตว์น้ำได้รับอันตรายได้ ดังนั้น การลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะเป็นการแก้ปัญหาคุณสมบัติของน้ำและสิ่งแวดล้อมได้ การใช้พืชช่วยในการดูดซับธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหา พืชแต่ละชนิดสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้แตกต่างกันโดยเฉพาะความเค็มของน้ำ ต้นโกงกางเป็นพรรณไม้ชนิดหนึ่งที่สามารถปรับสรีระภายในโครงสร้าง เพื่อให้สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงในช่วงความเค็มแตกต่างกันมาก นอกจากนี้ต้นโกงกางยังสามารถดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ตกค้างเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในน้ำลดลง การศึกษาประสิทธิภาพของต้นโกงกางในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำที่มีความเค็มระดับต่างๆ โดยใช้น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะเป็นแนวทางในการนำต้นโกงกางมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำ เพื่อลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีระดับความเค็มต่างๆ เนื่องจากต้นโกงกางมีคุณสมบัติที่ทนทานต่อการเปลี่ยนความเค็มได้ดี ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งทางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสนับสนุนการศึกษาและหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ จำนวนปากใบ และจำนวน cork wart ของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็มต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลที่ผ่านการดูดซับของต้นโกงกางในระดับความเค็มต่าง ๆ
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของต้นโกงกางในการลดปริมาณเสียในรูปไนโตรเจน และฟอสเฟตในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิล

## บทคัดย่อ

การใช้ต้นโกงกางลดปริมาณของเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในสภาพความเค็มต่างกัน  
Using mangrove tree to decrease waste from aquaculture in different salinities

การใช้ต้นโกงกางลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟตจากน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิล ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt และศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของต้นโกงกางและคุณภาพน้ำ พบว่า ความเค็มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของต้นโกงกาง ความเค็มที่มากกว่า 35 ppt ความสูงต้นโกงกางจะเตี้ยกว่าที่ความเค็มต่ำ ความเค็มที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การเพิ่มพื้นที่ใบ ความหนาใบ และจำนวนปากใบลดลง แต่จำนวน cork wart เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ประสิทธิภาพของต้นโกงกาง ที่ระดับความเค็ม 35 ppt สามารถลดปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนและฟอสเฟตได้สูงสุด  $54.5 \pm 1.8$  และ  $32.5 \pm 1.2$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น การใช้ต้นโกงกางเพื่อลดปริมาณของเสียจากการเลี้ยงปลานิล ควรปลูกในน้ำที่มีความเค็มจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับดีกว่าที่ความเค็มต่ำ

คำสำคัญ: ต้นโกงกาง, น้ำทิ้ง, การเลี้ยงปลานิล, ความเค็ม

Keyword: mangrove tree, waste water, aquaculture, salinity

## ตรวจเอกสาร

ต้นโกงกางมีหลายชนิด เช่น *Acanthus ilicifolius*, *Aegiceras connicularum*, *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Excoecaria agallocha*, *Heritiera littoralis*, *Kandelia candell* และ *Lumnitzera racemosa* (Li et al., 2008; Ye et al. 2005; Youssef, 2007) เป็นพรรณไม้ที่ขึ้นอยู่บริเวณป่าชายเลนซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลวัยอ่อน ต้นโกงกางสามารถเจริญเติบโตและทนอยู่ในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน ต้นโกงกางแต่ละชนิดจะมีการปรับตัวเพื่อให้อยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน โดยเฉพาะสภาพที่มีความเค็มแตกต่างกัน เช่น *Bruguiera gymnorhiza* สามารถสะสม  $\text{Na}^+$  ในใบเมื่อความเค็มน้ำเพิ่มขึ้น (Li et al., 2008) นอกจากนี้ Youssef (2007) รายงานว่า *Heritiera littoralis* และ *Kandelia candell* สามารถสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{K}^+$  ในส่วนของใบ ก้านใบ และราก Ye et al. (2005) ได้ศึกษาพบว่า ต้นโกงกางชนิด *Acanthus ilicifolius*, *Aegiceras connicularum* และ *Avicennia marina* สามารถขับเกลือได้เมื่อปริมาณความเค็มในน้ำเพิ่มขึ้น จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้ต้นโกงกางทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งในการเจริญเติบโตของพืชจำเป็นต้องอาศัยธาตุอาหารหลัก เช่น ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งจะพบในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและสัตว์ทะเลแบบหนาแน่น มักจะพบปัญหาของเสียจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์จากสิ่งขับถ่ายและอาหารที่เหลือตกค้างปริมาณมาก ในสารอินทรีย์จะมีปริมาณสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำชนิดต่างๆ รวมทั้งสาหร่าย ซึ่งน้ำที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากจะส่งผลต่อคุณสมบัติของน้ำและทำให้สัตว์น้ำได้รับอันตรายได้ ดังนั้น การลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะเป็นการแก้ปัญหาคุณสมบัติของน้ำและสิ่งแวดล้อมได้ การใช้พืชช่วยในการดูดซับธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหา การเจริญเติบโตของพืชมีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการเติบโต เช่น ธาตุอาหาร แสง อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และความเค็ม (Smith, 1996; Shaw and Smith, 2000; Alam et al., 2001; Haider et al., 2003)

### ปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟต

การเจริญเติบโตของพืชน้ำและสาหร่าย จำเป็นต้องอาศัยธาตุอาหารหลักไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งจะพบปริมาณมากในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์ และในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการเลี้ยงแบบหนาแน่นทำให้ของเสียจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ และอาหารที่เหลือตกค้างในบ่อเลี้ยงมีปริมาณมาก เมื่อของเสียเหล่านั้นถูกย่อยสลายทำให้เกิดธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละชนิด (Pillay, 1992) การเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณสาหร่ายจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่อยู่ในน้ำและตะกอนดินซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารที่ตีพิมพ์สภาพแวดล้อมทางฟิสิกส์และเคมี (Hillebrand and Kahlert, 2002) นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ไนโตรเจน (nitrogen)

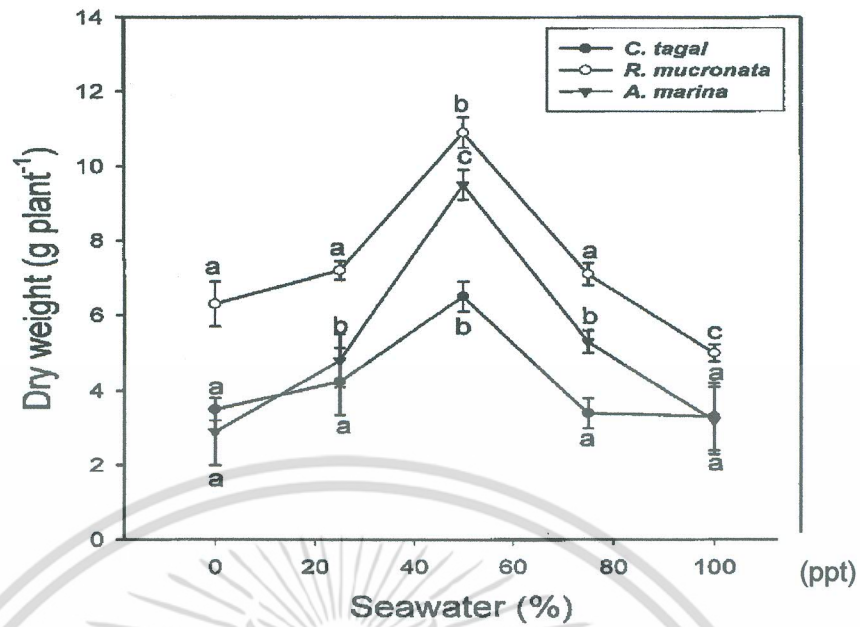
ปริมาณไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อกลไกทางสรีรวิทยาของสาหร่าย Saha (2003) พบว่าในสภาวะที่สาหร่ายขาดไนโตรเจนเป็นเวลานานจะทำให้ลักษณะของเซลล์สาหร่ายมีสีเหลือง การเจริญเติบโตจะลดลง 17 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด Funge-Smith and Briggs (1998) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนกับปริมาณคลอโรฟิลล์-เอของสาหร่ายในบ่อเลี้ยงกุ้ง พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอจะเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณไนโตรเจน นอกจากนี้ Saadoun *et al.* (2001) พบว่าปริมาณแอมโมเนียมีผลต่อมวลน้ำหนัก และคลอโรฟิลล์-เอ ของสาหร่ายโดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้น

### ฟอสเฟต (total phosphate, TP และ soluble reactive phosphate, SRP)

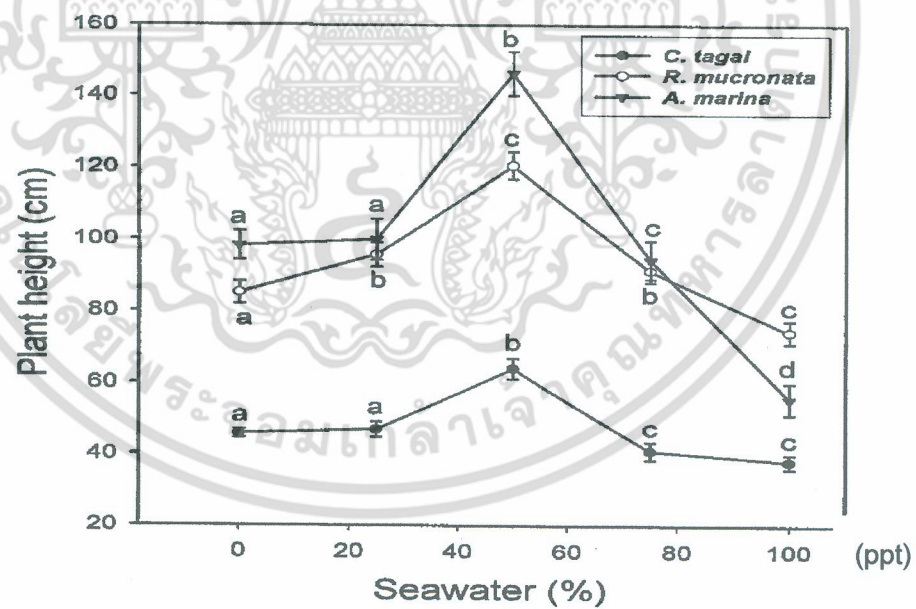
สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจะทำให้ความเป็นกรด-ด่างของน้ำเพิ่มขึ้น มากกว่า 9 และเป็นผลทำให้ปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น (Hillebrand and Kahlert, 2002; Xie *et al.*, 2003) เนื่องจากฟอสเฟตที่อยู่ในตะกอนดินจะแตกตัวและปล่อยฟอสเฟตออกสู่แหล่งน้ำทำให้ปริมาณฟอสเฟตในน้ำเพิ่มขึ้น (Boyd, 1995; Boyd and Munsiri, 1996; Xie *et al.*, 2003) ปริมาณฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้การสังเคราะห์ปริมาณมวลน้ำหนัก และคลอโรฟิลล์-เอ เพิ่มขึ้น (Saadoun *et al.*, 2001) นอกจากนี้ Yusoff *et al.* (2001) ได้ทดลองสกัดตะกอนดินจากบ่อเลี้ยงกุ้ง และนำน้ำที่ได้จากการสกัดมาเลี้ยงสาหร่าย พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดี เมื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำที่สกัดพบว่ามีปริมาณฟอสเฟต 25.98 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนโตรเจน 65.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณธาตุอาหารมีมากพอต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย การปล่อยฟอสเฟตจากตะกอนดินสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

### การเจริญเติบโตของต้นโกงกาง

Khan and Aziz (2001) ศึกษาการเจริญเติบโตของโกงกางสายพันธุ์ *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* และ *Rhizophora mucronata* ในประเทศปากีสถาน โดยปลูกต้นโกงกางในน้ำที่ระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt ผลการศึกษาพบว่าต้นโกงกางทั้งสามสายพันธุ์จะเจริญเติบโตเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นโดยมีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่น้ำที่มีความเค็ม 50 ppt และเมื่อระดับความเค็มเพิ่มมากกว่า 50 ppt การเจริญเติบโตจะลดลง เมื่อเติมความเค็มเพิ่มขึ้นทั้งสามสายพันธุ์ โดยต้นโกงกางสายพันธุ์ *R. hizophora mucronata* เจริญเติบโตให้น้ำหนักแห้งมากกว่าอีกสองสายพันธุ์ในทุกระดับความเค็ม (ภาพที่ 1) แต่ความสูงสายพันธุ์ *A. marina* จะเจริญเติบโตได้ความสูงที่สุด (ภาพที่ 2)



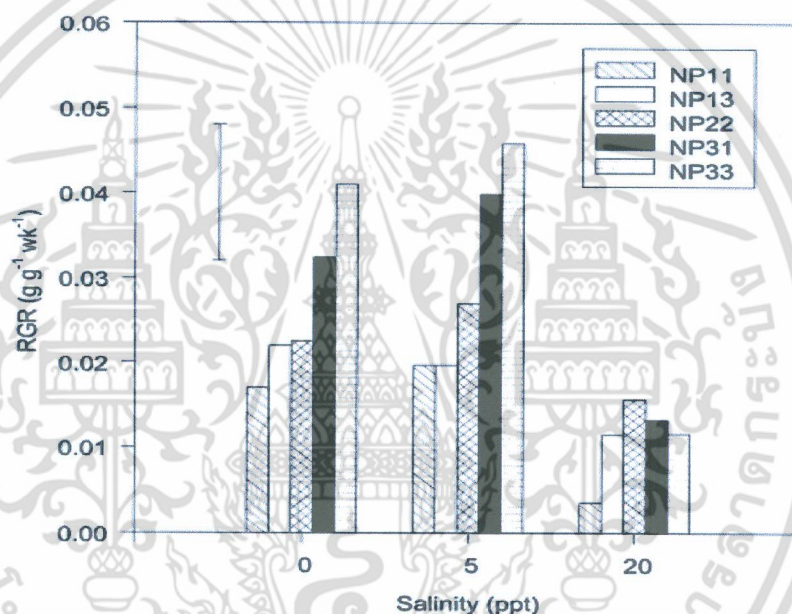
ภาพที่ 1 น้ำหนักแห้งของต้นโกงกางชนิด *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* และ *Rhizophora mucronata* ที่ปลูกในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt  
ที่มา : Khan and Aziz (2001)



ภาพที่ 2 ความสูงของต้นโกงกางชนิด *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* และ *Rhizophora mucronata* ที่ปลูกในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt  
ที่มา : Khan and Aziz (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

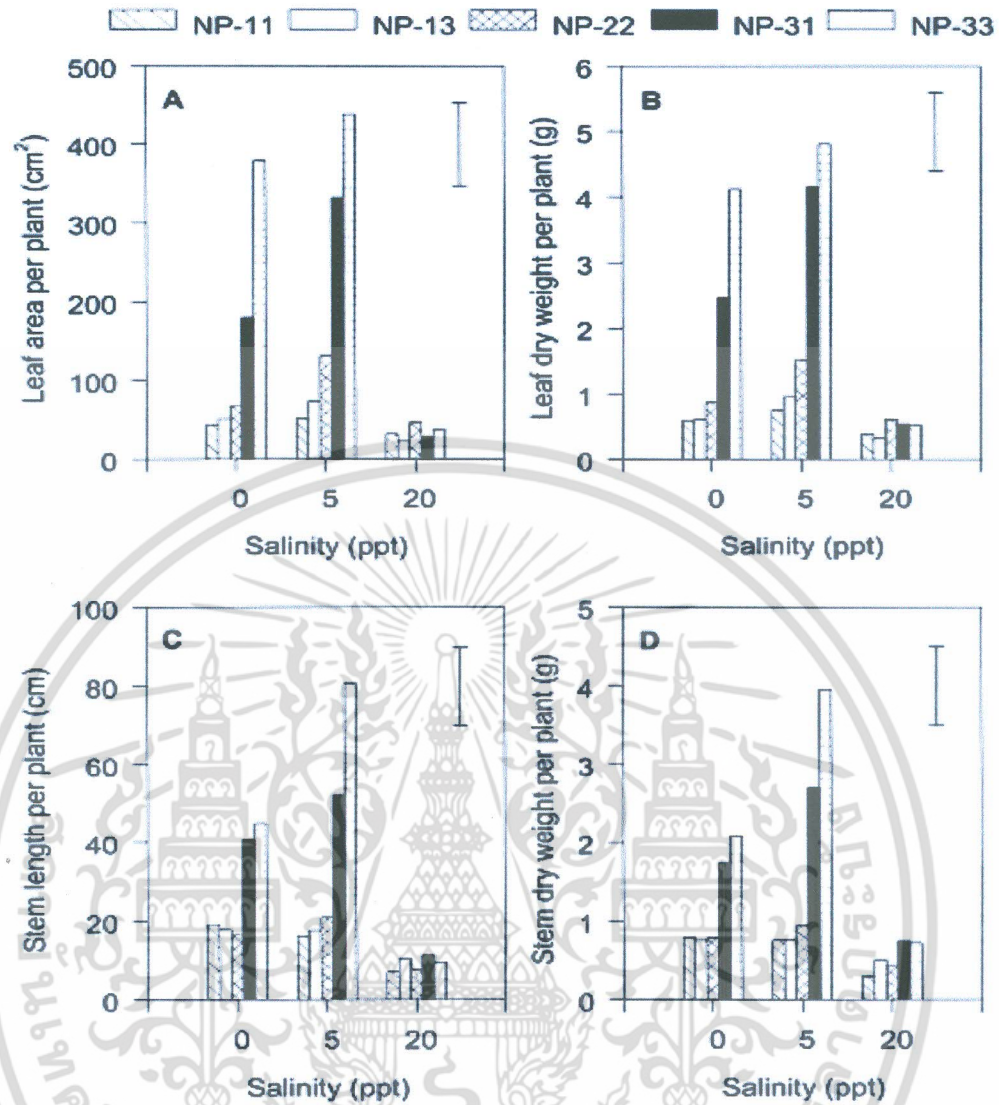
Hwang and Chen (2001) ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นโกงกางชนิด *Kandelia candel* ในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 5 และ 20 ppt และธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส NP11, NP13, NP22, NP31 และ NP33 พบว่าการเจริญเติบโตของ *K. candel* ที่ระดับความเค็ม 5 ppt ใช้ธาตุอาหาร NP33 จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มมากที่สุด (ภาพที่ 3) โดยมีการเจริญเติบโตของพื้นที่ใบต่อต้น (ภาพที่ 4a) น้ำหนักแห้งของใบต่อต้น (ภาพที่ 4b) ความสูงของต้น (ภาพที่ 4c) และน้ำหนักแห้งของต้น (ภาพที่ 4d) ที่ระดับความเค็ม 5 ppt ดีที่สุด แสดงว่าความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของ *K. candel* มากกว่าธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และเมื่อต้นโกงกางอยู่ในระดับความเค็มที่เหมาะสมธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส NP33 จะช่วยให้ต้นโกงกางสายพันธุ์ *K. candel* สามารถพัฒนาการเจริญเติบโตได้ดี



ภาพที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตของ *Kandelia candel* ในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 5 และ 20 ppt ร่วมกับใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส NP11, NP13, NP22, NP31 และ NP33

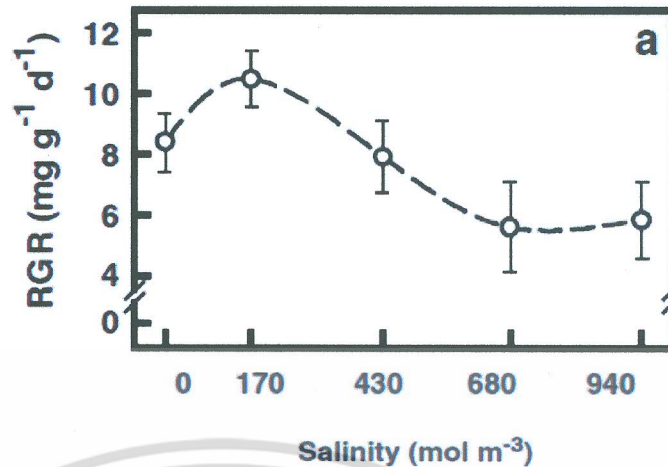
ที่มา : Hwang and Chen (2001)

Suarez and Medina (2005) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของ *Avicennia germinans* ในสารละลาย NaCl ที่ระดับความเข้มข้น 0, 170, 430, 680 และ 940 mol/m<sup>3</sup> พบว่าที่ระดับ NaCl 170 mol/m<sup>3</sup> (10.4 mg/g/d) ต้นโกงกางมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อหลังจากปลูกไปแล้ว 27 สัปดาห์ และจะมีการเจริญเติบโตที่ลดลงเมื่อระดับความเค็มต่ำหรือสูงกว่า 170 mol/m<sup>3</sup> (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 การเจริญเติบโตของ *Kandelia candel* ที่ระดับความเค็ม 0, 5 และ 20 ppt ร่วมกับการใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส NP-11, NP-13, NP-22, NP-31 และ NP-33  
 (A) พื้นที่ใบต่อต้น (B) น้ำหนักแห้งของใบต่อต้น  
 (C) ความยาวของต้น (D) น้ำหนักแห้งของต้น

ที่มา : Hwang and Chen (2001)



ภาพที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตของ *Avicennia germinans* ในความเข้มข้นของ NaCl 0, 170, 430, 680 และ 940 mol/m<sup>3</sup>

ที่มา : Suarez and Medina (2005)

Aziz and Khan (2001) พบว่าต้นโกงกาง *Rhizophora mucronata* ที่ปลูกในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt จะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ระดับความเค็ม 50 ppt และลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ทดสอบโดยใช้น้ำหนักแห้งของความสูงต้น พื้นที่ใบและเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นจะมีขนาดเพิ่มขึ้นในน้ำทะเล 50% และลดลงเมื่อความเค็มสูงขึ้น คือ ในน้ำทะเล 75 และ 100 ppt (ตารางที่ 1 และ 2) ซึ่งการเติบโตที่ดีที่สุดจะอยู่ในความเค็มระดับปานกลาง

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของ *Rhizophora mucronata* ในน้ำที่ระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt ในระยะเวลา 6 เดือน

Growth parameters	Seawater (ppt)				
	0	25	50	75	100
Plant height (cm)	82.0±1.2 <sup>b</sup>	84.3±2.2 <sup>b</sup>	104.9 ±3.1 <sup>b</sup>	80.3±2.8 <sup>b</sup>	69.0±1.9 <sup>a</sup>
Dry weight	6.1±0.8 <sup>b</sup>	6.2±1.2 <sup>b</sup>	8.6±1.2 <sup>c</sup>	6.2±1.1 <sup>b</sup>	4.4±0.8 <sup>a</sup>
Stem diameter (cm)	0.6±0.08 <sup>a</sup>	0.7±0.10 <sup>a</sup>	0.8±0.09 <sup>b</sup>	0.6±0.09 <sup>a</sup>	0.6±0.10 <sup>b</sup>
Leaf area (cm plant <sup>-2</sup> )	133.1±12.1 <sup>b</sup>	142.6±10.8 <sup>b</sup>	177.3±11.2 <sup>c</sup>	112.1±9.3 <sup>b</sup>	28.4±0.7 <sup>a</sup>

ที่มา : Aziz and Khan (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

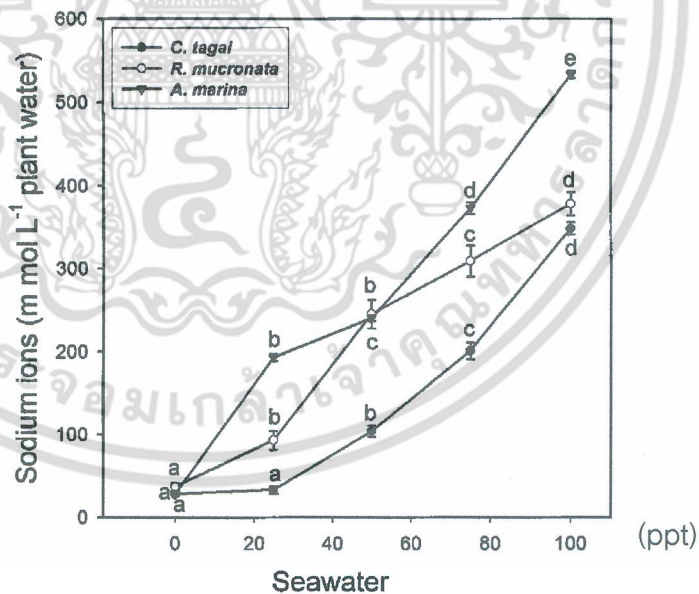
ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของ *Rhizophora mucronata* ในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt ในระยะเวลา 12 เดือน

Growth parameters	Seawater (ppt)				
	0	25	50	75	100
Plant height (cm)	85.1±2.1 <sup>b</sup>	95.7±3.1 <sup>b</sup>	120.5±3.5 <sup>c</sup>	91.3±3.2 <sup>b</sup>	74.1±1.9 <sup>a</sup>
Dry weigh	6.3±1.1 <sup>b</sup>	7.2±1.3 <sup>b</sup>	10.9±1.1 <sup>c</sup>	7.1±0.9 <sup>b</sup>	5.0±0.8 <sup>a</sup>
Stem diameter	2.0±0.1 <sup>b</sup>	2.1±0.2 <sup>b</sup>	2.4±0.2 <sup>c</sup>	2.1±0.1 <sup>b</sup>	1.9±0.1 <sup>a</sup>
Leaf area (cm plant <sup>-2</sup> )	145.4±9.6 <sup>b</sup>	151.4±6.4 <sup>b</sup>	211.0±5.4 <sup>c</sup>	144.2±12.5 <sup>b</sup>	133.0±10.5 <sup>a</sup>

ที่มา : Aziz and Khan (2001)

### การสะสมเกลือของต้นโกงกาง

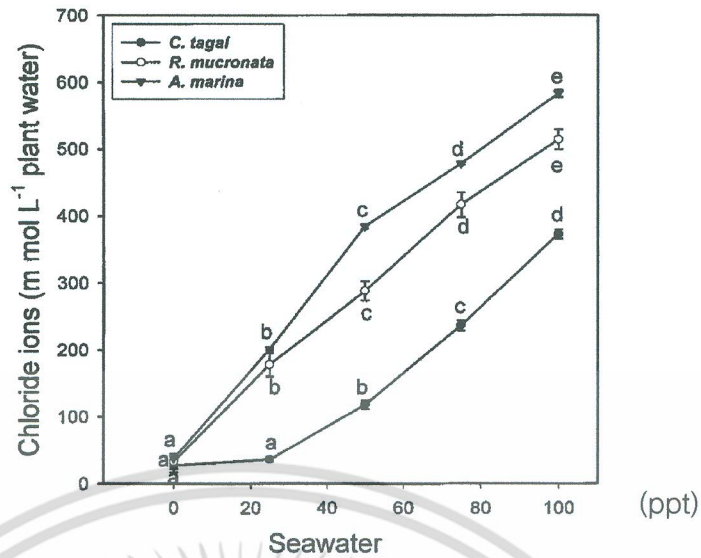
Khan and Aziz (2001) ได้ศึกษาการสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ของต้นโกงกางสายพันธุ์ *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* และ *Rhizophora mucronata* ซึ่งใช้ความเข้มข้นของน้ำทะเลแตกต่างกัน ได้แก่ 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt พบว่าสายพันธุ์ *A.marina* มีการสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  มากที่สุด (ภาพที่ 6 และ 7)



ภาพที่ 6 การสะสมปริมาณ sodium ions ในต้นโกงกางสายพันธุ์ *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* และ *Rhizophora mucronata* ที่ระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt

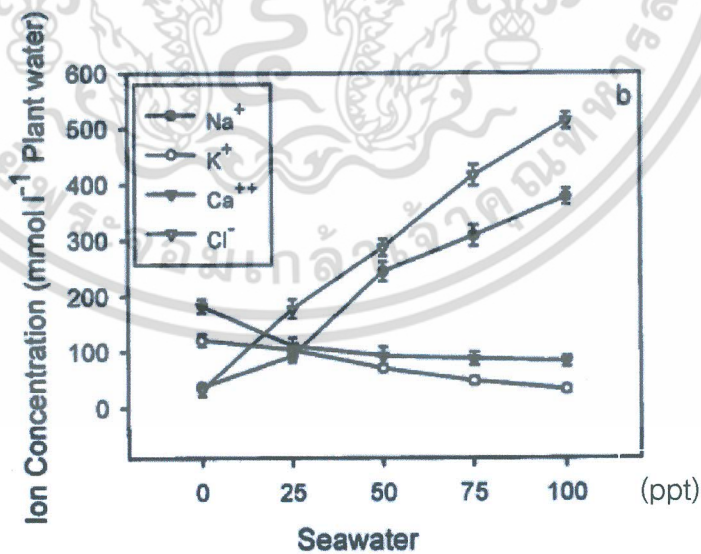
ที่มา : Khan and Aziz (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 การสะสมปริมาณ chloride ions ในต้นโกงกางสายพันธุ์ *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* และ *Rhizophora mucronata* ในน้ำที่มีความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt  
ที่มา : Khan and Aziz (2001)

Aziz and Khan (2001) ได้ทำการศึกษาการสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  ของ *Rhizophora mucronata* ในระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt จากการศึกษพบว่าความเข้มข้นของ  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  เพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น สามารถสะสม  $\text{Na}^+$  และ  $\text{Cl}^-$  เมื่อปลูกในความเค็มที่มากกว่า 0 ppt การกระจายตัวของไอออนในเนื้อเยื่อของ *R. mucronata* (ภาพที่ 8)

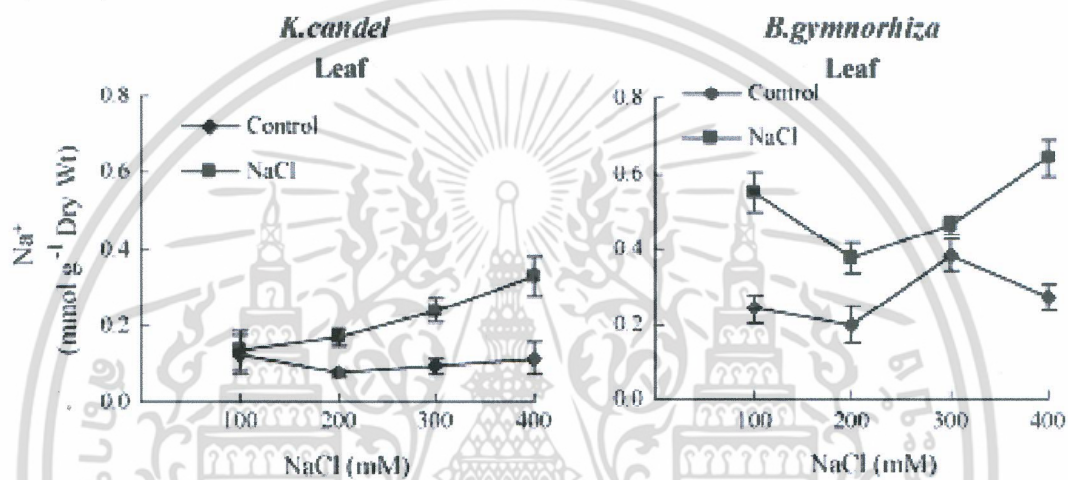


ภาพที่ 8 แสดงความเข้มข้นของไอออนของ *Rhizophora mucronata* ในระดับความเค็ม 0, 25, 50, 75 และ 100 ppt

ที่มา : Aziz and Khan (2001)

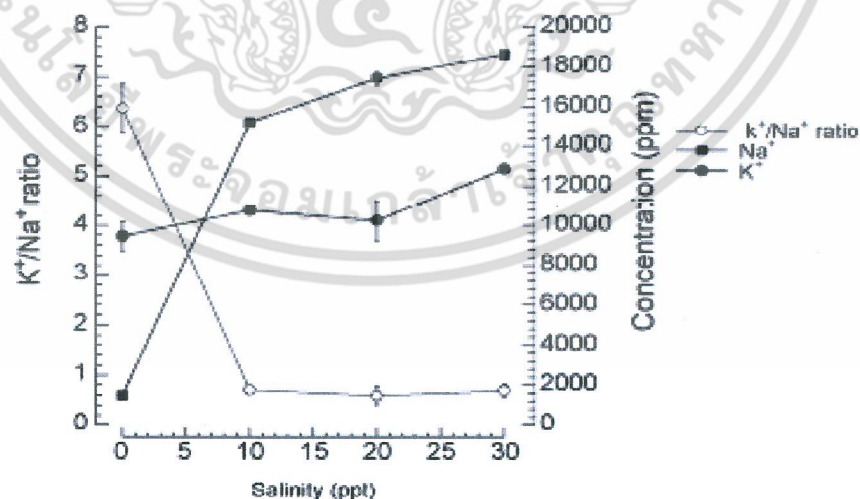
เอกสารนี้เป็นเอกสารการสะสมเกลือในใบของต้นโกงกางศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสะสม  $\text{Na}^+$  ของต้นโงกทางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ในระดับความเข้มข้นของ  $\text{NaCl}$  ต่างกัน พบว่า ภายในใบของ *K. candel* มีการสะสม  $\text{Na}^+$  ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ  $\text{NaCl}$  เพิ่มขึ้น การสะสม  $\text{Na}^+$  ในโงกทางทั้ง 2 สายพันธุ์ แตกต่างกัน การสะสม  $\text{Na}^+$  ในใบของ *B. gymnorhiza* ที่  $\text{NaCl}$  100-200 mM จะลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ  $\text{NaCl}$  เพิ่มมากกว่า 200 mM และมีการสะสม  $\text{Na}^+$  ในใบของ *B. gymnorhiza* มากกว่า *K. candel* (ภาพที่ 9) Youssef (2007) ทำการศึกษาผลของความเค็มต่อการสะสมของ  $\text{Na}^+$  ในใบต้นโงกทางชนิด *Hibiscus tiliaceus* พบว่า มีความสัมพันธ์เปลี่ยนแปลงการสะสมปริมาณ  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  และอัตราส่วน  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  ดังภาพที่ 10 (Li et al., 2008)



ภาพที่ 9 การสะสมปริมาณ  $\text{Na}^+$  ในใบของต้นโงกทางสายพันธุ์ *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ที่อยู่ในสภาวะความเข้มข้นของ  $\text{NaCl}$  ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)

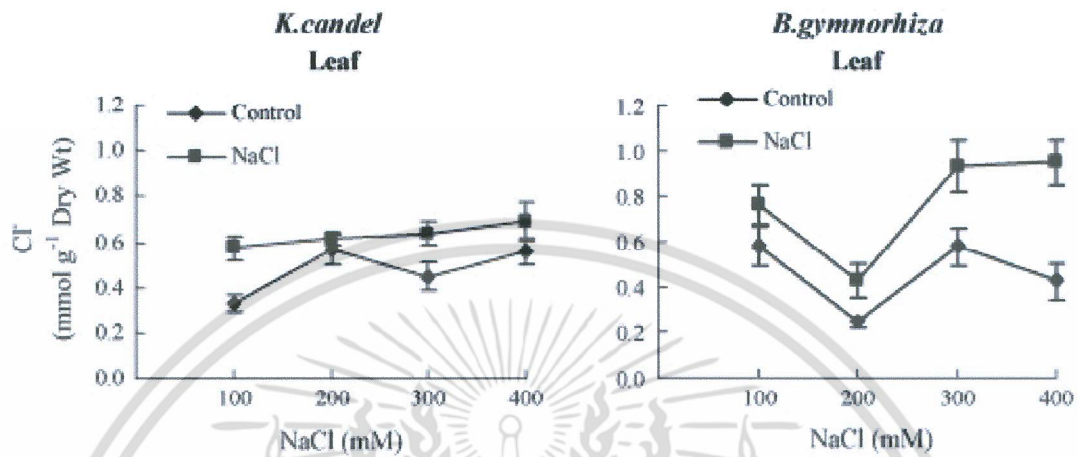


ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมปริมาณ  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  และอัตราส่วน  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  ในใบต้นโงกทางชนิด *H. tiliaceus*

ที่มา : Youssef (2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

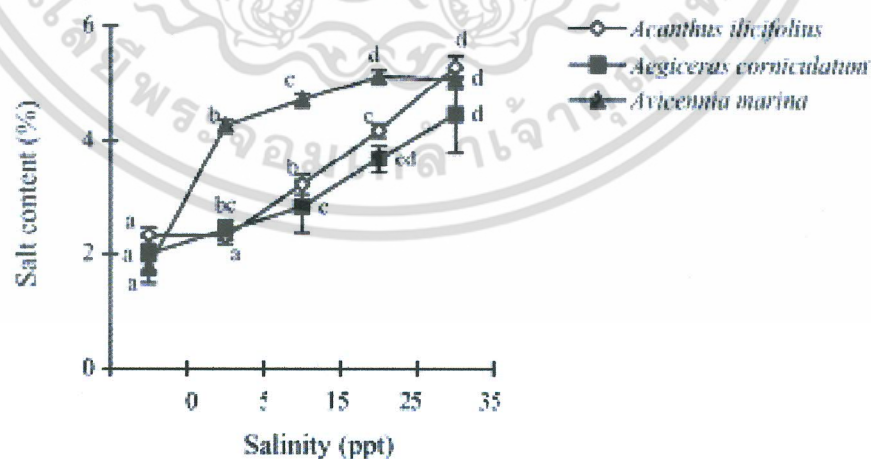
การสะสม Cl<sup>-</sup> ในใบของต้นโกงกางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ในสถานะที่มีปริมาณ NaCl ต่างกัน พบว่า การสะสม Cl<sup>-</sup> ของต้นโกงกางทั้ง 2 สายพันธุ์ จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น โดยชนิด *B. gymnorhiza* สามารถสะสม Cl<sup>-</sup> ได้ดีกว่า *K. candel* ดังภาพที่ 11 (Li et al., 2008)



ภาพที่ 11 การสะสม Cl<sup>-</sup> ในใบของต้นโกงกางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ในสถานะที่มีปริมาณ NaCl ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)

การสะสมเกลือในเนื้อเยื่อใบของต้นโกงกางชนิด *Acanthus ilicifolius*, *Aegiceras corniculatum* และ *Avicennia marina* พบว่า การสะสมเกลือขึ้นอยู่กับเนื้อเยื่อใบของต้นโกงกางและระดับความเค็มภายนอก โดยพบว่า *Avicennia marina* มีการสะสมเกลือเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อความเค็มภายนอกเพิ่มจาก 5-25 ppt และลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มมากกว่า 35 ดังภาพที่ 12 (Ye et al., 2005)



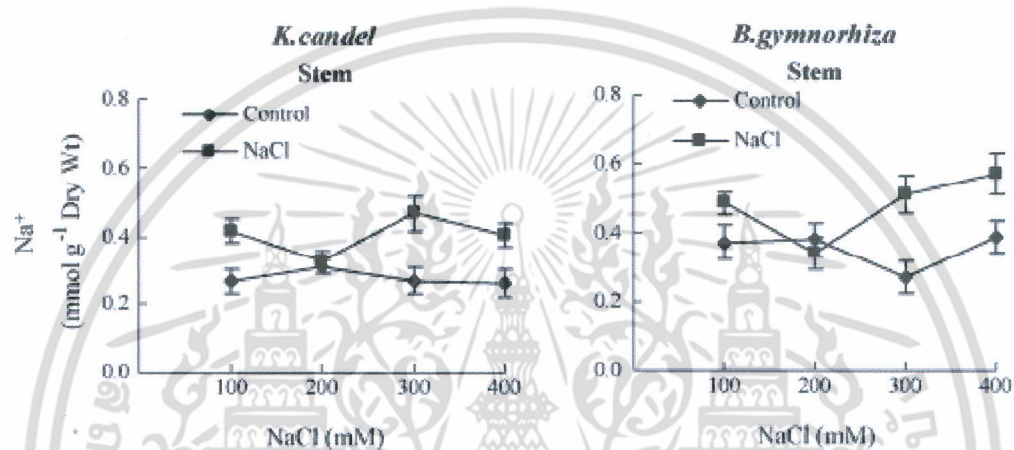
ภาพที่ 12 การสะสมเกลือในเนื้อเยื่อใบที่ความเค็มต่างกันของ *Acanthus ilicifolius*, *Aegiceras corniculatum* และ *Avicennia marina*

ที่มา : Ye et al. (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

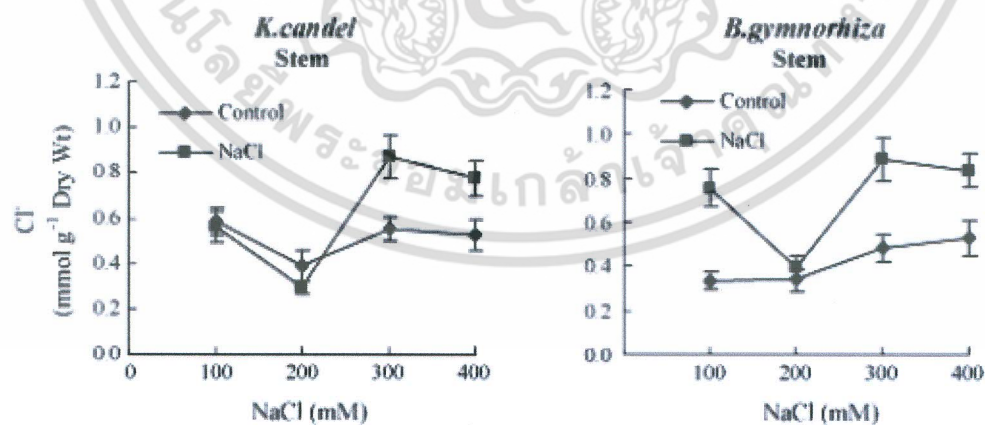
## 2. การสะสมในก้านใบของต้นโกงกาง

การสะสม  $\text{Na}^+$  ที่ก้านใบของต้นโกงกางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ที่ระดับความเข้มข้นของ  $\text{NaCl}$  ต่างกัน พบว่า ก้านใบของต้นโกงกางชนิด *K. candel* สามารถสะสม  $\text{Na}^+$  ได้เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ  $\text{NaCl}$  เพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อ  $\text{NaCl}$  มากกว่า 300 mmol/g (ภาพที่ 13) ส่วนการสะสม  $\text{Cl}^-$  ในก้านใบของต้นโกงกางทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า มีปริมาณการสะสม  $\text{Cl}^-$  ลดลงเมื่อปริมาณ  $\text{NaCl}$  เพิ่มขึ้นเป็น 100 mM และเมื่อปริมาณ  $\text{NaCl}$  มากกว่า 100 mM การสะสม  $\text{Cl}^-$  ดังภาพที่ 14 (Li et al., 2008)



ภาพที่ 13 การสะสม  $\text{Na}^+$  ที่ก้านใบของต้นโกงกางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ที่ระดับความเข้มข้นของ  $\text{NaCl}$  ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)



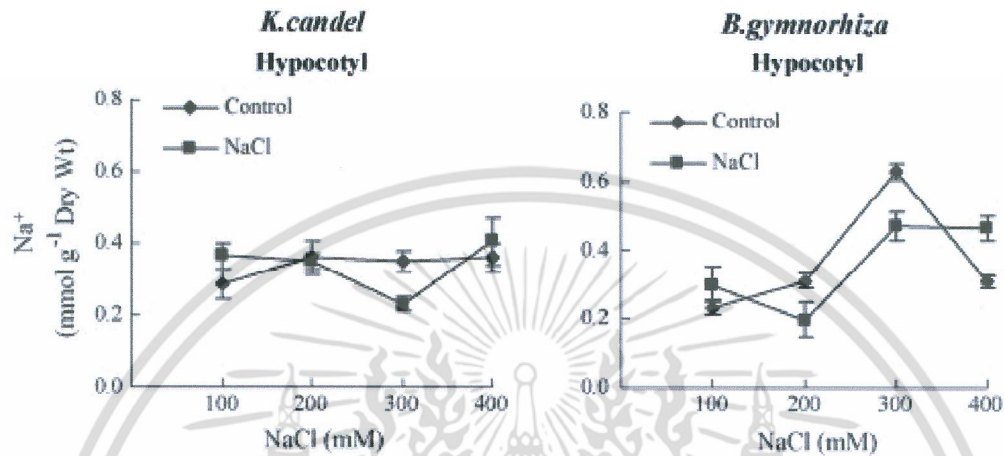
ภาพที่ 14 การสะสม  $\text{Cl}^-$  ที่ก้านใบของต้นโกงกางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ที่ระดับความเข้มข้นของ  $\text{NaCl}$  ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

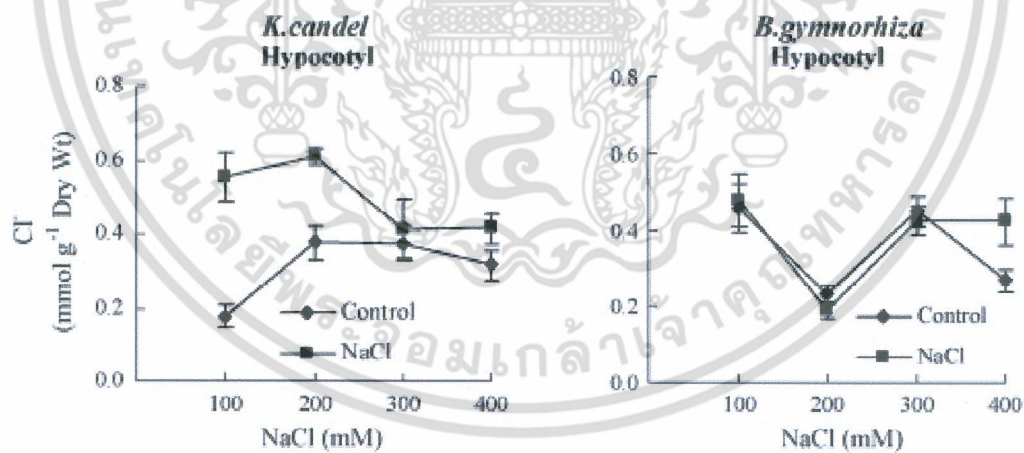
### 3. การสะสมในต้นอ่อนของต้นโงกวาง

การสะสม  $\text{Na}^+$  ในต้นอ่อนของต้นโงกวางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ที่ระดับความเข้มข้นของ NaCl ต่างกัน พบว่า ต้นอ่อนสามารถสะสม  $\text{Na}^+$  ไม่แน่นอน ดังภาพที่ 15 และ 16 (Li et al., 2008)



ภาพที่ 15 การสะสม  $\text{Na}^+$  ในต้นอ่อนของต้นโงกวางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ที่ระดับความเข้มข้นของ NaCl ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)



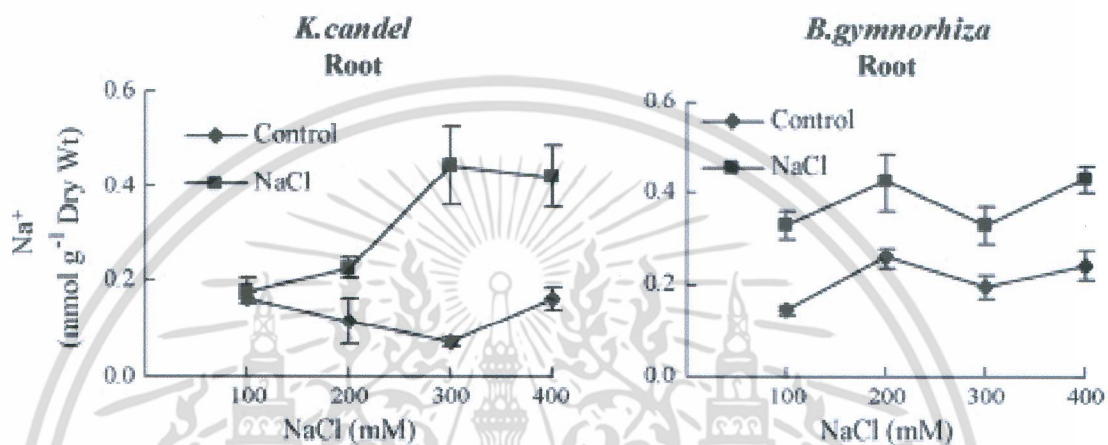
ภาพที่ 16 การสะสม  $\text{Cl}^-$  ในต้นอ่อนของต้นโงกวางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* ที่ระดับความเข้มข้นของ NaCl ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)

### 4. การสะสม $\text{Na}^+$ ในรากของต้นโงกวาง

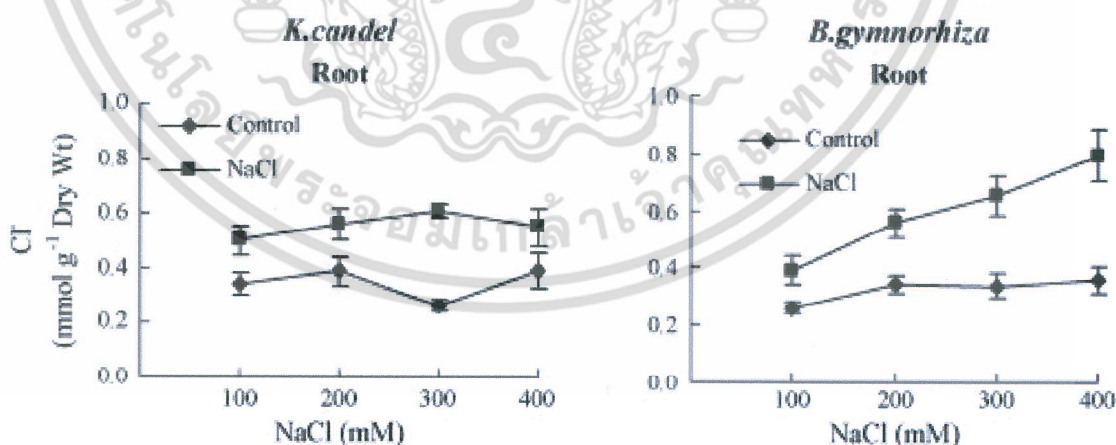
การสะสม  $\text{Na}^+$  ในรากของต้นโงกวางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* พบว่า *K. candel* สามารถสะสม  $\text{Na}^+$  ในรากเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ NaCl มากกว่า 200 mM หลังจากนั้นเมื่อไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ NaCl มากกว่า 300 mM ปริมาณการสะสม  $\text{Na}^+$  ในรากจะเปลี่ยนแปลงไม่มาก ส่วนชนิด *B. gymnorhiza* จะเริ่มมีการสะสม  $\text{Na}^+$  ในรากเมื่อมีปริมาณ NaCl 100 mM และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อปริมาณ NaCl เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 17) ส่วนการสะสม  $\text{Cl}^-$  ในรากของ *K. candell* และ *B. gymnorhiza* พบว่า  $\text{Cl}^-$  ในรากของทั้ง 2 สายพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ NaCl เพิ่มขึ้น โดยชนิด *B. gymnorhiza* จะเพิ่มขึ้นมากกว่าชนิด *K. candell* ดังภาพที่ 18 (Li et al., 2008)



ภาพที่ 17 การสะสม  $\text{Na}^+$  ในรากของต้นโกงกางชนิด *K. candell* และ *B. gymnorhiza* ที่มีปริมาณ NaCl ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)



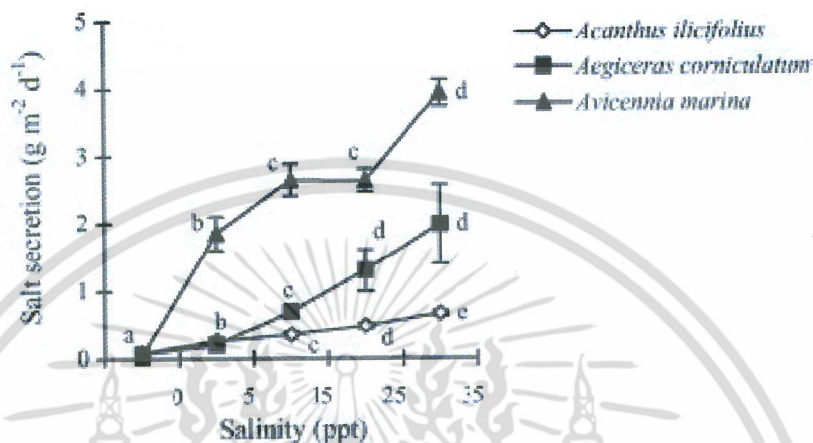
ภาพที่ 18 การสะสม  $\text{Cl}^-$  ในรากของต้นโกงกางชนิด *K. candell* และ *B. gymnorhiza* ที่มีปริมาณ NaCl ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การขับเกลือของต้นโกงกาง

การขับเกลือของต้นโกงกางสายพันธุ์ *Acanthus ilicifolius*, *Aegiceras corniculatum* และ *Avicennia marina* พบว่า การขับเกลือของต้นโกงกางทั้ง 3 สายพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น และพบว่าต้นโกงกางชนิด *Av. Marina* สามารถขับเกลือได้ดีกว่าชนิด *Ac. ilicifolius* และ *Ae. corniculatum* ดังภาพที่ 19 (Ye et al., 2005)



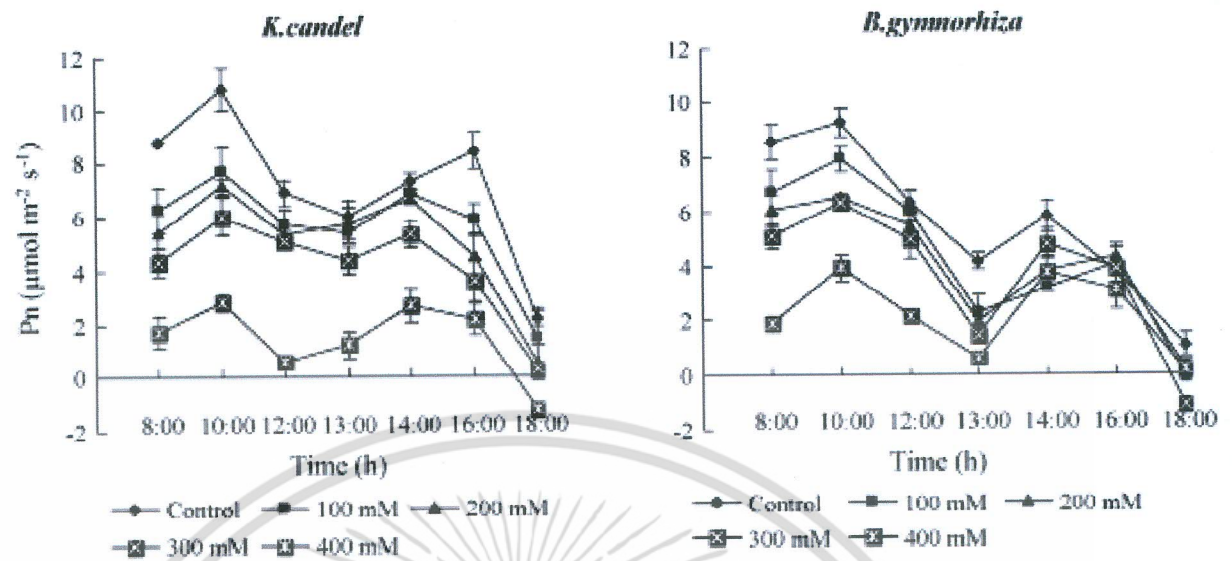
ภาพที่ 19 การขับเกลือของต้นโกงกางสายพันธุ์ *Acanthus ilicifolius*, *Aegiceras corniculatum* และ *Avicennia marina*  
ที่มา : Ye et al. (2005)

### การสังเคราะห์แสงของต้นโกงกาง

การสังเคราะห์แสงของต้นโกงกางชนิด *K. candel* และ *B. gymnorhiza* โดยทำการศึกษารับผลการทดลองในช่วงเวลา 10.00-18.00 น. พบว่า ช่วงเวลา 10.00 น. มีการสังเคราะห์แสงมากที่สุด ซึ่งเป็นช่วงที่มีการรับแสงสูงสุด ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงและการรับแสงมีค่าสูงสุด โดยอัตราการสังเคราะห์แสงและการรับแสงมีค่าลดลงเมื่อปริมาณ NaCl เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 20 และ 21 (Li et al., 2008)

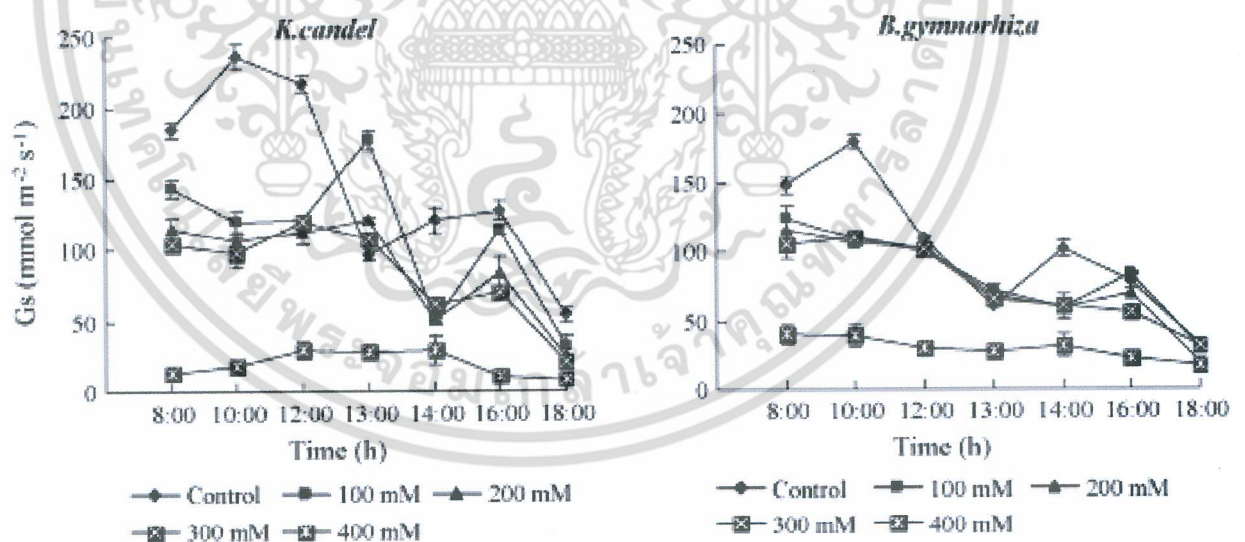
### ผลของความเค็มต่อ chlorophyll และ carotenoid ของต้นโกงกาง

Parida et al. (2004) ได้ศึกษาผลของความเค็มต่อปริมาณ chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll และ carotenoid ในใบของต้นโกงกางสายพันธุ์ *Aegiceras corniculatum* พบว่า เมื่อปริมาณ NaCl เพิ่มขึ้น 250 mM จะมีผลทำให้ปริมาณ chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll และ carotenoid ในใบต้นโกงกางลดลง chlorophyll และ carotenoid ลดลง (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 20 การสังเคราะห์แสงของต้นโกงกางชนิด *K. candell* และ *B. gymnorhiza* ในช่วงเวลาต่างๆ และระดับความเค็มที่ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)



ภาพที่ 21 การรับแสงที่ใบของต้นโกงกางชนิด *K. candell* และ *B. gymnorhiza* ในช่วงเวลาต่างๆ และระดับความเค็มที่ต่างกัน

ที่มา : Li et al. (2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ผลของ NaCl ต่อปริมาณ chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll และ carotenoid ในใบของต้นโกงกางสายพันธุ์ *Aegiceras corniculatum*

ระยะเวลา (วัน)	NaCl (mM)	chlorophyll a (mg/g)	chlorophyll b (mg/g)	total chlorophyll (mg/g)	carotenoid (mg/g)
0	0	0.53±0.15 <sup>a</sup>	0.16±0.007 <sup>a</sup>	0.69±0.02 <sup>a</sup>	0.17±0.008 <sup>a</sup>
7	0	0.55±0.03 <sup>a</sup>	0.16±0.003 <sup>a</sup>	0.71±0.04 <sup>a</sup>	0.18±0.005 <sup>a</sup>
	250	0.49±0.01 <sup>b</sup>	0.15±0.005 <sup>ab</sup>	0.65±0.01 <sup>b</sup>	0.15±0.003 <sup>b</sup>
14	0	0.54±0.02 <sup>a</sup>	0.16±0.005 <sup>a</sup>	0.73±0.07 <sup>a</sup>	0.18±0.007 <sup>a</sup>
	250	0.49±0.01 <sup>b</sup>	0.14±0.003 <sup>b</sup>	0.63±0.05 <sup>b</sup>	0.13±0.006 <sup>b</sup>
21	0	0.53±0.03 <sup>a</sup>	0.16±0.002 <sup>a</sup>	0.69±0.02 <sup>a</sup>	0.18±0.006 <sup>a</sup>
	250	0.46±0.01 <sup>b</sup>	0.14±0.003 <sup>b</sup>	0.60±0.02 <sup>b</sup>	0.12±0.005 <sup>b</sup>
30	0	0.56±0.02 <sup>a</sup>	0.16±0.005 <sup>a</sup>	0.72±0.05 <sup>a</sup>	0.19±0.007 <sup>a</sup>
	250	0.41±0.01 <sup>b</sup>	0.13±0.009 <sup>b</sup>	0.54±0.03 <sup>b</sup>	0.11±0.008 <sup>b</sup>

ที่มา : Parida et al. (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 1. ติดตั้งระบบเลี้ยงปลานิลใน

เตรียมบ่อคอนกรีตกลมปริมาตร 1.5 ลูกบาศก์เมตร ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมีระบบดักเก็บของเสียจากการเลี้ยงจำนวน 2 บ่อ ปล่อยปลานิลความหนาแน่น 50 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ให้อาหารวันละ 2 มื้อ ให้ปลากินอาหารอิมพอดี้ โดยสังเกตจากปลาจะเริ่มว่ายน้ำหาอาหารข้างก็จะหยุดให้อาหารเพื่อป้องกันอาหารเหลือตกค้าง เก็บของเสียจากระบบดักตะกอนหมักในถังเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

### 2. เตรียมอุปกรณ์ปลูกต้นโกงกาง

รวบรวมต้นโกงกางจากธรรมชาติ ปลูกในถังพลาสติกขนาด 20x40x30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ภายในถังบรรจุดินที่ผสมของเสียจากการเลี้ยงปลานิลโดยทุกถังจะใช้ดินที่ผสมในครั้งเดียวกัน ปลูกต้นโกงกางจำนวน 5 ต้นต่อถัง

### 3. วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีระดับความเค็มน้ำเป็นปัจจัย 6 ชุดการทดลอง ได้แก่ ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt แต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตลอดจนการทดลองจะควบคุมระดับน้ำและความเค็มให้ได้ตามแผนการทดลอง

### 4. บันทึกข้อมูล

4.1 วัดความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ จำนวนปากใบ และจำนวน cork wart ของต้นโกงกางเริ่มต้นที่รวบรวมมาจากธรรมชาติ และวิเคราะห์ระหว่างการทดลอง

4.2 วิเคราะห์ปัจจัยคุณสมบัติน้ำ ได้แก่ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ทุก 2 สัปดาห์

5. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของต้นโกงกางในการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

นำข้อมูลปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองมาคำนวณประสิทธิภาพการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

### 6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ จำนวนปากใบ จำนวน cork wart และประสิทธิภาพของต้นโกงกางในการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสเฟต มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
คอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

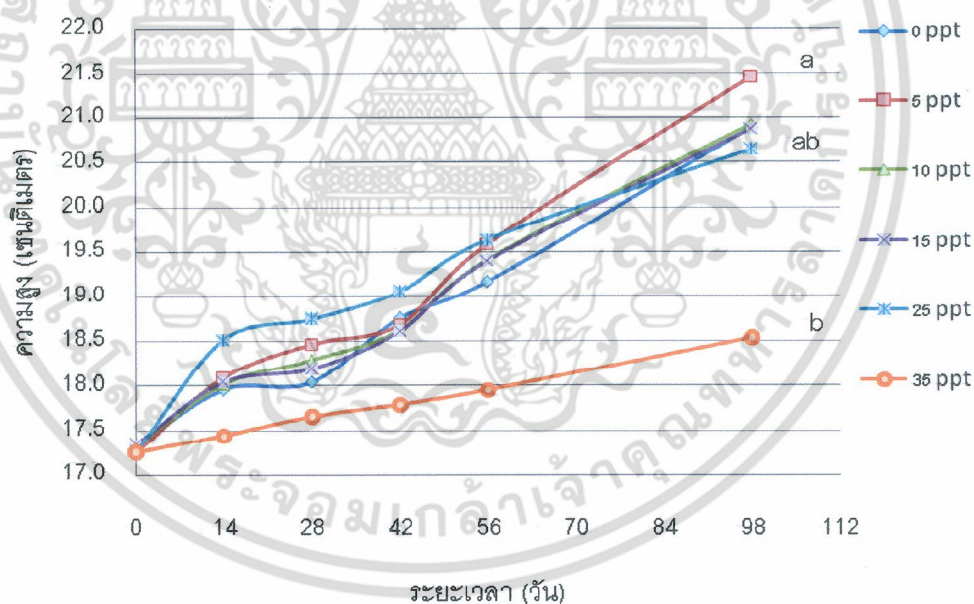
## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ จำนวนปากใบ และจำนวน cork wart ของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็มต่าง ๆ

ผลการศึกษาความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบ ความหนาใบ จำนวนปากใบ และจำนวน cork wart ของต้นโกงกางที่ปลูกในน้ำที่ขังน้ำที่จากบ่อเลี้ยงปลานิลที่มีระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt พบว่า

#### 1.1 ความสูงของต้นโกงกาง

ความสูงของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0-25 ppt มีความสูงในช่วงเริ่มต้นการทดลองถึงสัปดาห์ที่ 56 ไม่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยที่ระดับความเค็ม 5 ppt จะมีความสูงมากที่สุด ส่วนที่ระดับความเค็ม 30 ppt จะมีความสูงต่ำสุดตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 22) จากผลการศึกษาแสดงว่าต้นโกงกางเจริญเติบโตในน้ำที่มีความเค็มมากกว่า 30 ppt จะทำความสูงของต้นโกงกางลดลง

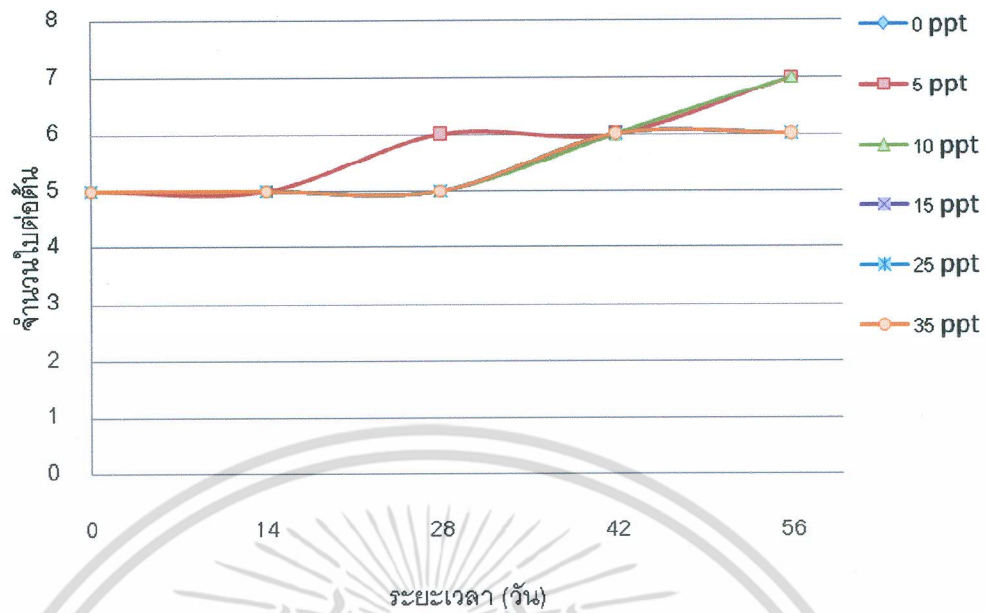


ภาพที่ 22 ความสูงของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt

#### 1.2 จำนวนใบของต้นโกงกาง

จำนวนใบของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็มต่างๆ มีจำนวนใบของต้นโกงกางไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ดังภาพที่ 23

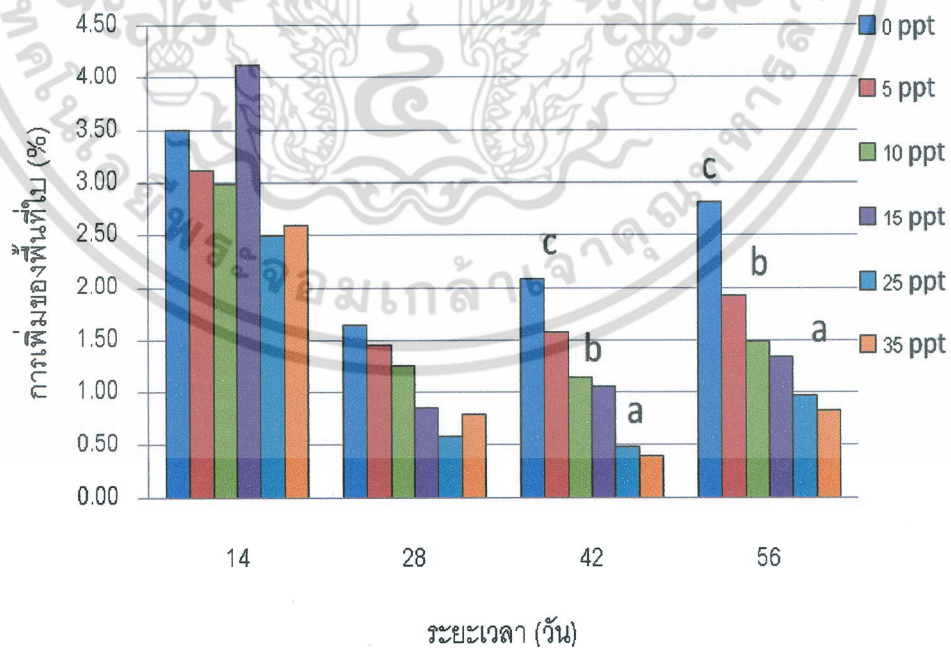
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 23 จำนวนใบของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt

### 1.3 พื้นที่ใบของต้นโกงกาง

ผลการศึกษการเพิ่มของพื้นที่ใบต้นโกงกาง พบว่า เปอร์เซ็นต์การเพิ่มพื้นที่ใบลดลงหลังจากสัปดาห์ที่ 2 และระดับความเค็มมีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ใบ โดยพบว่าเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นจะทำให้การเพิ่มพื้นที่ใบของต้นโกงกางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังภาพที่ 24

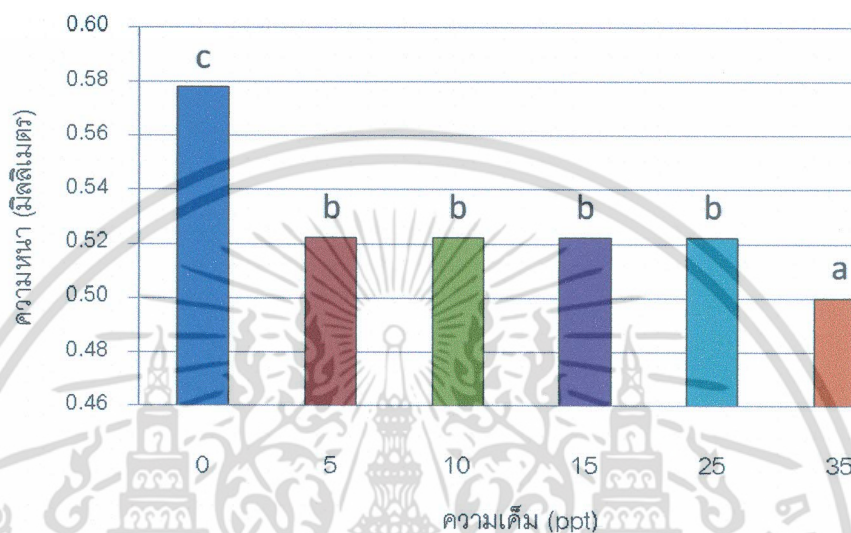


ภาพที่ 24 การเพิ่มพื้นที่ใบของต้นโกงกาง (%) ที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 ความหนาใบของต้นโกงกาง

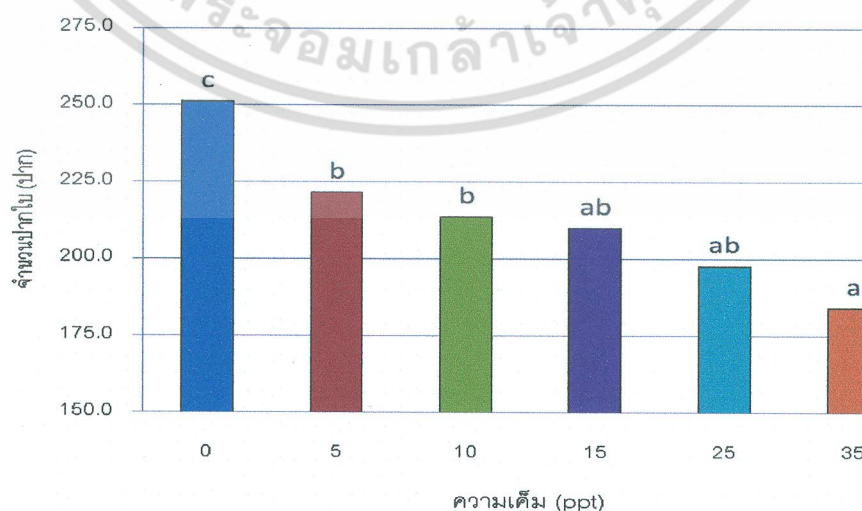
ผลการศึกษาความหนาใบของต้นโกงกาง พบว่า ความหนาของใบของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0 ppt มีความหนาของใบมากกว่าใบต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น และความหนาใบของต้นโกงกางลดลงที่ระดับความเค็ม 35 ppt แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ความหนาของใบต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt

#### 1.5 จำนวนปากใบของต้นโกงกาง

ผลการศึกษาจำนวนปากใบของต้นโกงกาง พบว่า จำนวนปากใบของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0 ppt มีจำนวนปากใบมากกว่าระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่าจำนวนปากใบจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังภาพที่ 26 เนื่องจากปากใบมีหน้าที่ควบคุมการสูญเสียน้ำ ทำให้ต้นโกงกางที่ปลูกในน้ำที่มีความเค็มสูงคายน้ำลดลงเพื่อรักษาสมดุลของน้ำภายในเซลล์ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

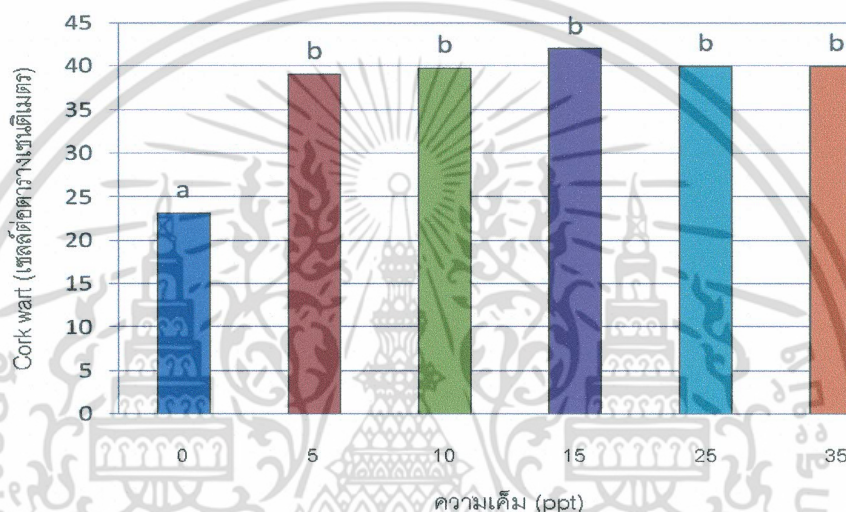


ภาพที่ 26 จำนวนปากใบของต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.6 จำนวน cork wart

ผลการศึกษานับจำนวน cork wart พบว่า ที่ระดับความเค็ม 0 ppt จะมีจำนวน cork wart น้อยที่สุดต่างกับระดับความเค็มอื่นๆ ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และพบว่าที่ระดับความเค็มมากกว่า 5 ppt จำนวน cork wart ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยมีจำนวน cork wart ประมาณ  $40 \pm 1$  เซลล์ต่อตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 27) เนื่องจาก cork wart เป็นส่วนปลายของท่อลำเลียงน้ำในใบ กระจายอยู่บริเวณใต้ใบของต้นโกงกาง มีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลแดง cork wart จะมีหน้าที่ควบคุมการเก็บน้ำไว้ในใบ ซึ่งจะมีปริมาณมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความต้องการเก็บสะสมน้ำในใบ



ภาพที่ 27 แสดง cork wart ใต้ใบต้นโกงกางที่ปลูกในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt

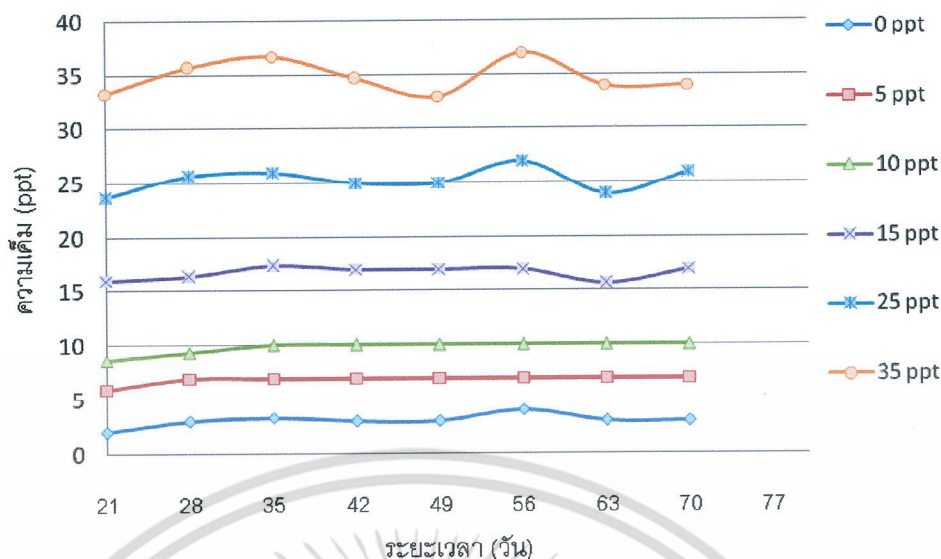
## 2. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลที่ผ่านการดูดซับของต้นโกงกางในระดับความเค็มต่าง ๆ

จากการศึกษาคุณสมบัติน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลที่ผ่านการดูดซับของต้นโกงกางที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt พบว่า

### 2.1 ความเค็ม

ผลการศึกษาความเค็มของน้ำที่ปลูกต้นโกงกางตลอดระยะเวลาการทดลองแต่ละชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอยู่ในช่วง  $0.0 \pm 2.6$ ,  $5.0 \pm 1.3$ ,  $10.0 \pm 0.5$ ,  $15.0 \pm 1.5$ ,  $25.0 \pm 1.1$  และ  $35.0 \pm 1.5$  ppt ตามลำดับ (ภาพที่ 28) เนื่องจากระหว่างการทดลองจะมีการควบคุมความเค็มให้มีค่าใกล้เคียงกับชุดการทดลอง

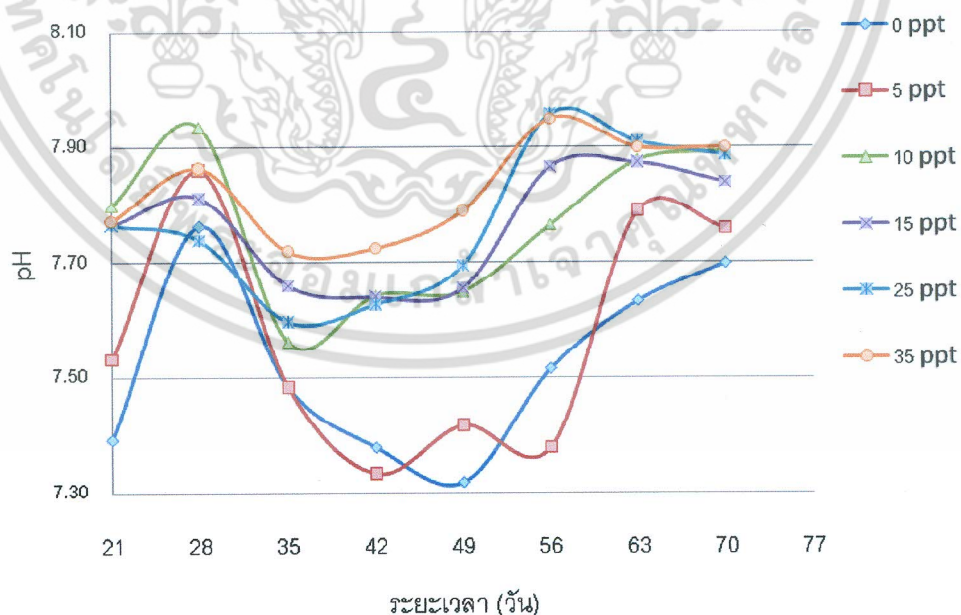
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกกาทอง

## 2.2 ความเป็นกรด-ด่าง

ผลการศึกษาคือความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ปลูกต้นโกกาทอง พบว่า ที่ระดับความเค็มต่ำจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ำกว่าที่ความเค็มสูง เนื่องจากในน้ำที่มีความเค็มต่ำจะมีการย่อยสลายของสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งทำให้เกิดปริมาณไฮโดรเจนไอออนมากกว่าในน้ำที่มีความเค็มสูง (ภาพที่ 29)

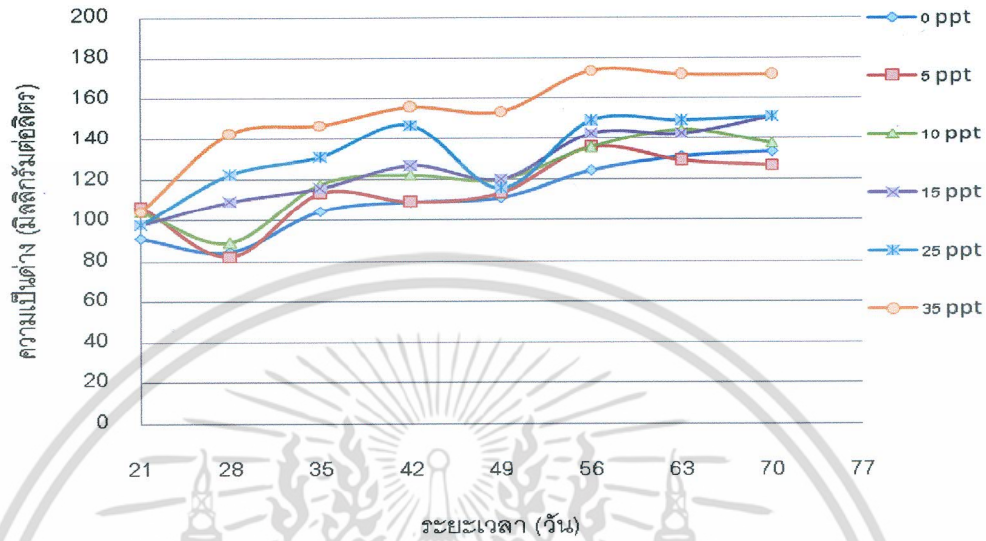


ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกกาทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความเป็นต่าง

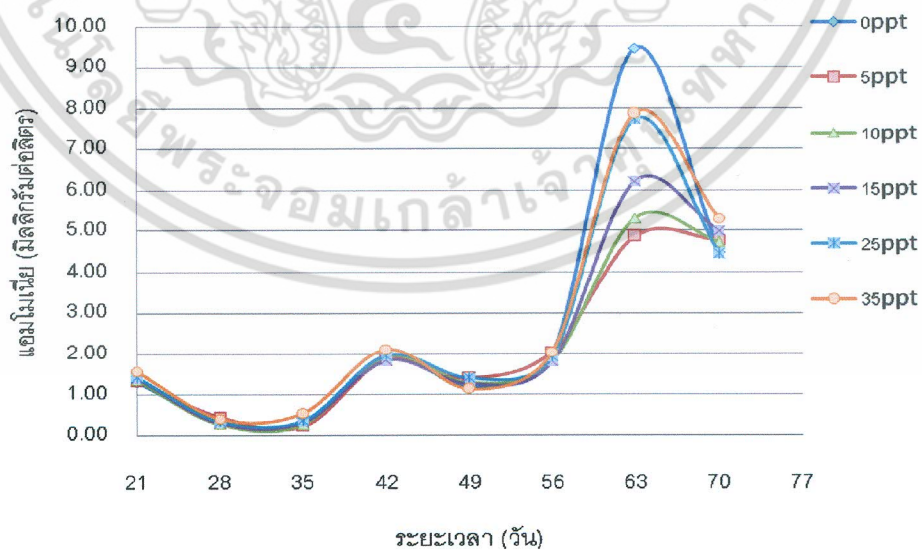
ผลการศึกษาความเป็นต่างของน้ำที่ปลูกต้นโกงกาง พบว่า ปริมาณความเป็นต่างเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลอง และเพิ่มขึ้นตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเป็นต่างของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกงกาง

2.4 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำที่ปลูกต้นโกงกาง พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลอง (ภาพที่ 31)

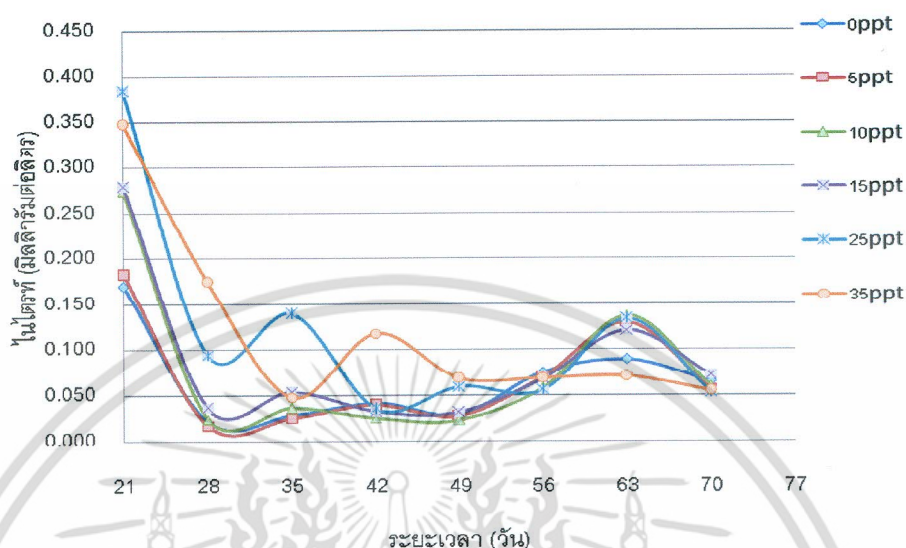


ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกงกาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 ไนโตรท์-ไนโตรเจน

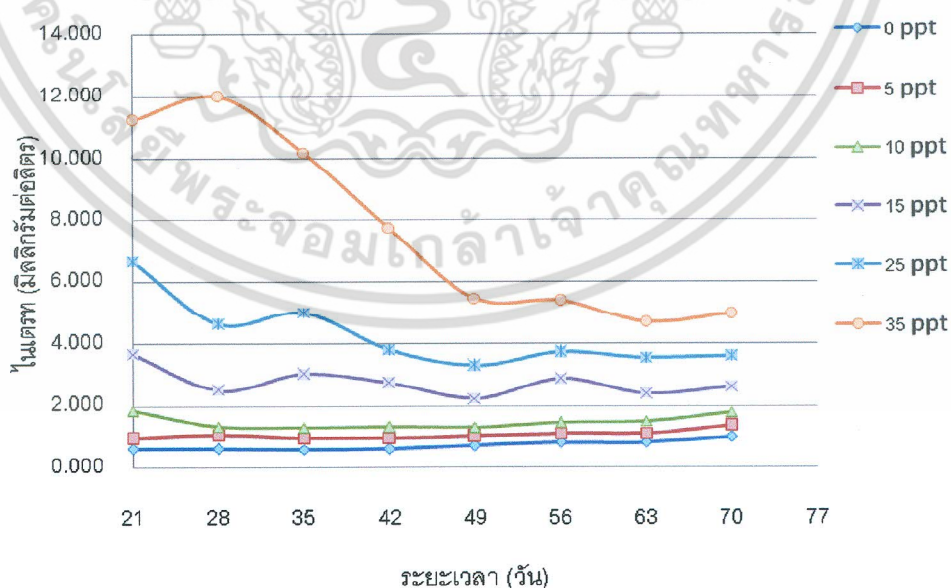
ผลการศึกษาระดับปริมาณไนโตรท์-ไนโตรเจนของน้ำที่ปลูกต้นโกงกาง พบว่า มีปริมาณลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง (ภาพที่ 32)



ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรท์-ไนโตรเจนของน้ำที่ปลูกต้นโกงกางใน ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกงกาง

## 2.6 ไนเตรท-ไนโตรเจน

ผลการศึกษาระดับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำที่ปลูกต้นโกงกาง พบว่า มีปริมาณลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนลดลงมากในระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 33)

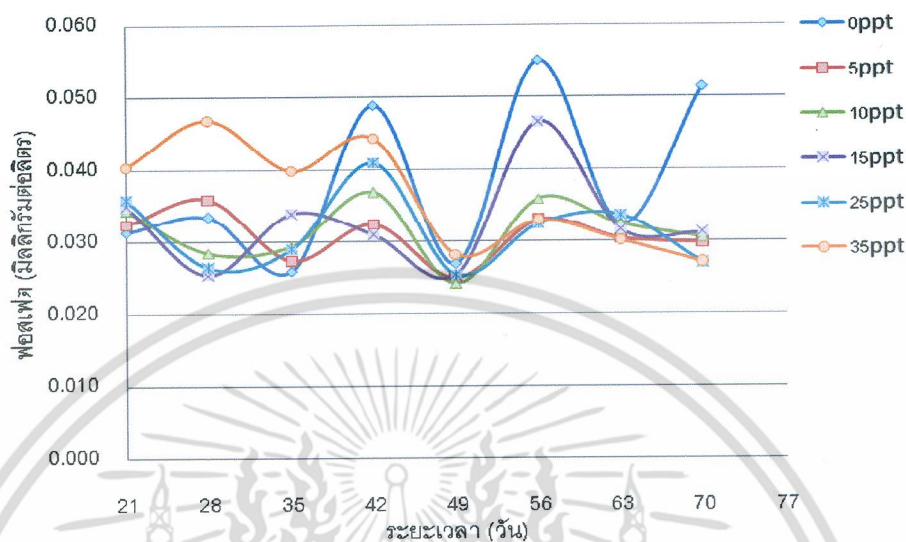


ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำที่ปลูกต้นโกงกางใน ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกงกาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 ปริมาณฟอสเฟต

ผลการศึกษาปริมาณฟอสเฟตของน้ำที่ปลูกต้นโกงกาง พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพิ่มขึ้นและลดลงตลอดเวลาการทดลอง (ภาพที่ 34) เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณต่ำกว่าเริ่มต้น



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสเฟตของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 25 และ 35 ppt ที่ใช้ปลูกต้นโกงกาง

### 3. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของต้นโกงกางในการลดปริมาณเสียในรูปไนโตรเจน และ ฟอสเฟตในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิล

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของต้นโกงกาง พบว่า สามารถช่วยลดปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และฟอสเฟตในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลได้สูงสุด  $54.5 \pm 1.8$  และ  $32.5 \pm 1.2$  % ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการลดปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และฟอสเฟตของต้นโกงกางในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความเค็มต่างๆ

ระดับความเค็ม (ppt)	ประสิทธิภาพการลด (เปอร์เซ็นต์)	
	ไนโตรเจน-ไนโตรเจน	ฟอสเฟต
0	$0.0 \pm 0.0$	$0.0 \pm 0.0$
5	$0.0 \pm 0.0$	$6.7 \pm 0.3^c$
10	$0.0 \pm 0.0$	$6.7 \pm 0.4^c$
15	$32.4 \pm 0.8^c$	$8.8 \pm 0.3^c$
25	$46.3 \pm 1.3^b$	$27.0 \pm 0.7^b$
35	$54.5 \pm 1.8^a$	$32.5 \pm 1.2^a$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

ความเค็มน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของต้นโกงกาง ความเค็มน้ำที่มากกว่า 35 ppt ต้นโกงกางจะมีความสูงน้อยกว่าที่ความเค็มต่ำ และความเค็มที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การเพิ่มพื้นที่ใบ ความหนาใบ และจำนวนปากใบลดลง แต่ cork wart จะมีจำนวนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ทั้งจากการเลี้ยงปลานิลที่มีความเค็มเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของต้นโกงกางที่ระดับความเค็ม 35 ppt สามารถลดปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนและฟอสเฟตได้สูงสุด  $54.5 \pm 1.8$  และ  $32.5 \pm 1.2$  เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังนั้น การใช้ต้นโกงกางเพื่อลดปริมาณของเสียจากการเลี้ยงปลานิลควรปลูกในน้ำที่มีความเค็มจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับดีกว่าที่ความเค็มต่ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- Alam, M.G.M., N. Jahan, L.Thalib, B. Wei and T. Maekawa. 2001. Effects of Environmental Factors on the Seasonally Change of Phytoplankton Populations in a Closed Freshwater Pond. *Environment International* 27:363-371.
- Aziz, I. and M.A. Khan. 2001. Effect of seawater on the growth, ion content and water potential of *Rhizophora mucronata* lam. *Journal of Plant Research* 114:369-373.
- Boyd, C.E. 1995. *Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture*. Chapman and Hall, New York.
- Boyd, C.E. and P. Munsiri. 1996. Phosphorus absorption capacity as an index of phosphorus status in soils of aquaculture areas of Thailand. pp. 45-46. In R.L., Creswell, ed. *World Aquaculture'96 Book of Abstracts*. Department of Fisheries and the Chulabhorn Research Institute. Bangkok.
- Funge-Smith, S.J. and M.R.P.Briggs. 1998. Nutrient budgets intensive shrimp ponds: implications for sustainability. *Aquaculture* 164:117-133.
- Haider, S., V. Naithani, P.N. Viswanathan and P. Kakkar. 2003. Cyanobacterial Toxins: a Growing Environment Concern. *Chemosphere* 52:1-21.
- Hillebrand, H. and M. Kahlert. 2002. Effect of grazing and water column nutrient supply on biomass and nutrient content of sediment microalgae. *Aqua. Bot.* 72:143-159.
- Hwang, Y.H. and S.C. Chen. 2001. Effects of ammonium, phosphate, and salinity on growth, gas exchange characteristics, and ionic contents of seedlings of mangrove *Kandelia candel* (L.) druce. *Institute of Botany, Academia Sinica* 42:131-139.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Khan, M.A. and I. Aziz. 2001. Salinity tolerance in some mangrove species from Pakistan. *Wetlands Ecology and Management* 9:219-223.
- Li, N., S. Chen, X. Zhou, C. Li, J. Shao, R. Wang, E. Fritz, A. Huttermann and A. Polle. 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.
- Parida, A.K., A.B. Das, Y. Sanada and P. Mohanty. 2004. Effect of salinity on biochemical components of the mangrove, *Aegiceras corniculatum*. *Aquatic Botany* 80:77-87.
- Pillay, T.V.R. 1992. *Aquaculture and the Environment*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Saadoun, I.M.K., K.S. Schrader, and W.T. Blevins. 2001. Environmental and nutritional factors affecting geosmin synthesis by *Anabaena* sp. *Wat. Res.* 35(5):1209-1218.
- Saha, K.S., L Uma and G. Subramanian. 2003. Nitrogen stress induced changes in the msrine cyanobacterium *Oscillatoria willei* BDU 130511. *FEMS Micro. Ecol.* 45:263-272.
- Shaw, H. and M. Smith. 2000. Algal Analysis-Oganisms and Toxins. p. 143-167. In Norellet, L.M.L. (ed.) 2000. *Handbook of Water Analysis*. Marcell Dekker, Inc.
- Smith, P.T. 1996. Toxic Effects of Blooms of Marine Species of Oscillatorials on Farmed Prawns (*Penaeus monodon*, *P. japonicus*) and Brine Shrimp (*Artemia salina*). *Toxicon* 34(8):857-869.
- Suarez, N. and E. Medina. 2005. Salinity effect on plant growth and leaf demography of the mangrove, *Avicennia germinans*. *Trees* 19:721-727.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Xie, L.Q., P. Xie and H.J. Tang. 2003. Enhancement of dissolved phosphorus release from sediment to lake water by *Microcystis* blooms an enclosure experiment in a hyper-eutrophic, subtropical Chinese lake. *Envi. Poll.* 122:391-399.
- Ye, Y., N.F.Y. Tam, C.Y. Lu and Y.S. Wong. 2005. Effect of salinity on germination seeding growth and physiology of three salt-secreting mangrove species. *Aquatic Botany* 83:193-205.
- Youssef, T. 2007. Stomatal, biological, and morphological factors limiting photosynthetic gas exchange in the mangrove associate *Hibiscus tiliaceus* under saline and arid environment *Aquatic Botany* 87:292-298.
- Yusoff, F.M., H.B. Matias, Z.A. Khalid and S. Phang. 2001. Culture of microalgae using interstitial water extracted from shrimp pond bottom sediments. *Aquaculture* 201:263-270.