

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวอย่าง	Water (% w/w)	Crude Protein (N x 6.25) (% w/w)	Crude Fat (% w/w)	Total Ash (% w/w)	Dietary fiber (% w/w)		Carbohydrate (by difference) Total	Calcium (mg/100g)
					Insoluble	Soluble		
โกงกางใบใหญ่ (ฝักอ่อน)								
<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	51.41 ± 2.14	1.78 ± 0	0.04 ± 0.01	1.33 ± 1.10	24.13 ± 0.96	5.12 ± 1.36	29.25 ± 0.40	2980 ± 0
โกงกางใบใหญ่ (ฝักแก่)								
<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	46.63 ± 0.77	1.96 ± 0	0.41 ± 0.07	1.25 ± 0.08	26.93 ± 0.42	0.53 ± 0.02	27.46 ± 0.40	3880 ± 0
ลำแพน (ลูก)								
<i>Sonneratia ovata</i> Back.	80.76 ± 0.34	1.33 ± 0	0.33 ± 0.04	1.25 ± 0.09	10.39 ± 0.06	1.09 ± 0.07	11.48 ± 0.13	1100 ± 0
จาก (ช่อดอก)								
<i>Nypa fruticans</i> Wurm.	88.55 ± 0.46	1.43 ± 0.01	0.03 ± 0	1.71 ± 0.36	5.18 ± 0.01	0.48 ± 0.04	5.66 ± 0.04	490 ± 0
ลำพู (ผล)								
<i>Sonneratia caseolaris</i> (L.) Engl.	73.55 ± 0.24	2.41 ± 0.02	0.31 ± 0.01	2.02 ± 0.14	14.67 ± 0.42	1.87 ± 0.11	16.54 ± 0.30	790 ± 0
ชะคราม (ใบเขียว)								
<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dum.	83.10 ± 1.29	3.51 ± 0	0.16 ± 0.06	5.25 ± 0.06	4.48 ± 0.13	1.43 ± 0.19	5.91 ± 0.06	2250 ± 0.01
ชะคราม (ใบแดง)								
<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dum.	86.70 ± 0.02	0.76 ± 0.04	0.10 ± 0.01	5.49 ± 0.05	3.23 ± 0.07	1.55 ± 0.35	4.78 ± 0.28	10000 ± 0.01
ปรงทะเล (ยอด)								
<i>Acrostichum aureum</i> L.	82.94 ± 1.22	4.40 ± 0.12	0.11 ± 0.01	1.71 ± 0.05	5.49 ± 0.21	Trace	5.49 ± 0.21	2560 ± 0
เป้งทะเล (ยอด)								
<i>Phoenix paludosa</i> Roxb.	81.15 ± 1.12	3.07 ± 0.03	0.06 ± 0	3.21 ± 0.01	4.26 ± 0.05	3.29 ± 0.13	7.55 ± 0.08	520 ± 0
ถอบแถบน้ำ (ยอด)								
<i>Derris trifoliata</i> Lour.	66.69 ± 2.09	7.36 ± 0.01	0.36 ± 0.11	2.30 ± 0.01	12.38 ± 0.22	2.72 ± 0.69	15.10 ± 0.47	1890 ± 0

ตารางที่ 2 β -carotene ในผักที่เก็บจากป่าชายเลน

พืช	ชื่อพฤกษศาสตร์	β -carotene
ชะคราม (ใบเขียว)	<i>Suaeda maritima</i> Dunn.	3350
ชะคราม (ใบแดง)	<i>Suaeda maritima</i> Dunn.	427
หวายลิง	<i>Flogellaria indica</i> L.	338
ผักเบี้ยทะเล	<i>Trianthema clecaudxa</i> L.	580
ถอบแถบ	<i>Derris trifoliata</i> Lour.	110
ปรังทะเล	<i>Acrostichema aureum</i> L.	489

ตารางที่ 3ฤทธิ์ Antioxidant, lipid peroxidation and quinone reductase inhibition ของผักในป่าชายเลน

Sample	Antioxidant (EC ₅₀)	Lipid peroxidation inhibition (IC ₅₀)	Quinone reductase	
	$\mu\text{g/ml}$	$\mu\text{g/ml}$	CD $\mu\text{g/ml}$	IC ₅₀ $\mu\text{g/ml}$
ฝาดขาว (ใบ)				
<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd.	5.87	0.199	>10	>20
ฝาดขาว (ผล)				
<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd.	11.33	3.8	>20	>20
เหงือกปลาหมอเงิน (ผล)				
<i>Acauthus illicifolius</i> L.	79.67	38.4	>10	>20
หวายลิง (ยอด)				
<i>Flagellaria indica</i> L.	384.0	Weak activity	9.9	>20
หมัน (ผล)				
<i>Cordia cochinchinensis</i> Pierre	93.67	54.4	>10	>20
โกงกางใบเล็ก (ฝัก)				
<i>Rhizophora epiculata</i> Bl.	36.80	3.850	>20	>20
โปรงแดง (ฝัก)				
<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B. Rob.	6.67	2.6	>10	>20
โปรงขาว (ฝัก)				
<i>Ceriops decandra</i> (Griff.) Ding Hou	6.33	2.6	>10	>20
พังกาหัวส้มดอกแดง (ฝัก)				
<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (L.) Savigny	11.67	4.425	2.9	>20
ถั่วดำ (ฝัก)				
<i>Bruguiera parviflora</i> (Roxb.) Wight & Arn.ex.Griff.	5.0	0.375	>10	>20

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Sample	Antioxidant (EC ₅₀)	Lipid peroxidation inhibition (IC ₅₀)	Quinone reductase	
	µg/ml	µg/ml	CD µg/ml	IC ₅₀ µg/ml
โกกงางใบใหญ่ (ฝักอ่อน)				
<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	3.83	0.3	>10	>20
โกกงางใบใหญ่ (ฝักแก่)				
<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	4.33	1.125	>10	>20
ถั่วขาว (ฝัก)				
<i>Bruguiera Cylindrica</i> (L.) Blum	47.0	2.3	>10	>20
ช่อดอกจาก (โคน)				
<i>Nypa fruticans</i> Wurmb.	53.33	0.950	>10	>20
ลำพู (ผล)				
<i>Sonneratia caseolaris</i> (L.) Engl.	4.17	0.083	>10	>20
ชะคราม (ใบแดง)				
<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dum.	121.33	28.95	>20	>20
ปรังทะเล (ยอด)				
<i>Acrostichum aureum</i> L.	103.00	28.1	>10	>20
เปิงทะเล (ยอด)				
<i>Phoenic paludosa</i> Roxb.	36.83	16.9	8.8	>20
ถอบแถบน้ำ (ยอด)				
<i>Derris trifoliata</i> Lour.	113.33	11.250	>10	>20
ผักเบี้ย (ยอด)				
<i>Trianthema decandra</i> L.	77.78	8.9	9.2	>20

สรุปและข้อเสนอแนะ

การสำรวจผักพื้นบ้านในป่าชายเลนพบว่าผักพื้นบ้าน 33 ชนิด แต่นำมาทดสอบคุณค่าทางอาหารและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาได้เพียง 19 ชนิด เท่านั้น การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่ามีผักพื้นบ้านบางชนิด เช่น ฝักถั่วดำ ฝักโปรงขาว ฝักโปรงแดง ฝักโกกงางใบเล็ก มีเส้นใยสูง ซึ่งจะช่วยในการขับถ่ายเพราะสามารถเพิ่มกากได้ และอาจช่วยในผู้ที่ เป็นเบาหวาน ในการลดการดูดซึมของน้ำตาล นอกจากนี้ยังช่วยในผู้ที่มีไขมันในเลือดสูง เพราะลดการดูดซึมของไขมันอีกด้วย จึงควรส่งเสริมให้มีการรับประทานผักเหล่านี้มากขึ้น ผักบางชนิดมีแคลเซียมสูงเช่น ฝักพังกา หัวสุ่มดอกแดงปรังทะเล และชะครามใบเขียว เป็นต้น ทั้งชะครามยังมี β -carotene สูงด้วยถึง 3350 และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จึงควรมีการให้ความรู้และส่งเสริมให้มีการรับประทานมากขึ้น โดยต้มราดกะทิรับประทานกับน้ำพริก หรือใช้ทำแกงกับปู เพราะจะได้ประโยชน์ต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น

เอกสารอ้างอิง

- Ancereviz, J, E. Migliavacca, P.A. Carrupt, B. Testa, et al. 1988. Structure-property relationships of rimetazidine derivatives and model compounds as potential antioxidants. *Free Radical Biology & Medicine*. 25(1):113-120.
- Cunif P. 1995. (ed.) *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Vol II. 16th ed. Alington: AOAC International.
- Duh, D.P., G.C. Yen. 1997. Antioxidant activity of three herbal water extract. *Food Chemistry*. 60 (4):639-45.
- Hatono, T., H. Kagana, T. Yasuhara, T. Okuda. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root; their relative astringency and radical scavenging effects. *Chem Pharm Bull*. 36:2090-7.
- Jacob RA. 1995. The intergrated antioxidant system. *Nutri Res*. 15:755-66.
- Kammasud, N. Synthesis of manganese complexes of curcunim and related compounds as superoxide dismutase mimics. A master thesis, Pharmaceutical Chemistry and Phytochemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, 2001.
- Madar, Z., Odes HS. 1990. Dietary fiber in metabolic diseases. *In* : R. Paoletti, (ed.) *Dietary fibre research*. Karger.
- Nutrition Division, Department of Health. 1987. Thai food composition table in 100 grams of edible portion. Nutrition Division, Department of Health, Bangkok.
- Nutrition Division, Department of Health. 1992. Ministry of Public Health. Nutrition values of Thai foods. Nutrition Division, Department of Health, Ministry of Public Health, Bangkok.
- Parthasarathy, S., S.H. Raubin. 1992. Role of oxidized low density lipoprotein in atherogenesis. *Prog Lipid Res*. 31: 127-43.
- Prochaska, H.J., A.B. Santamaria. 1988. Direct measurement of NAD(P)H : quinone reductase form cells cultured in micortiter wells: a screening assay for anticarninogenic enzyme inducers. *Analytical Biochemistry* 169:320-6.
- Prochaska, H.J., A.B. Santamaria, P. Talay. 1992. Rapid detection of induces of enzymes that protect against carcinogens. *Proc Natl Acad Sci*. 89:2394-8.
- Roberton A.M., L.R. Ferguson, H.J. Hollands, P.J. Harris. 1991. Adsorption of a hydrophobic mutagen to dietary fiber preparations. *Mutat Res*. 262:195-202.
- Ross, R. 1993. The pathogenesis of atheroscleosis: a perspective for 1990s. *Nature*. 362-801-9.
- Thai Food and Drug Administration. 1995. Thai recommended daily intakes-Thai RDI. Food and Drug Administration, Bangkok.
- Wolever, T.M.S. 1990. Dietary fiber in the management of diabetes. *In* : D. Krithchevsky, C. Bonfield, J.W. Anderson, (eds.). *Dietary fiber. Chemistry, Physiology, and Health effects*. Plenum Press, New York.

พืชสมุนไพรและพืชอาหารในป่าชายเลน

Medicinal and Food Plants in the Mangrove Areas

นันทวัน บุญยะประภัศร
สิริมา สอนเล็ก
วรพรรณ เกื้อกุลเกียรติ
วิโรจน์ ธีรธนาธร
สนิท อักษรแก้ว

Nuntavan Bunyapraphatsara
Sirima Somlek
Worapun Kuakulkiat
Viroj Therathanathorn
Sanit Aksornkoae

Abstract

Mangrove areas are economically and ecologically important. The survey of mangrove plants at Nakhon Si Thammarat and Trang provinces found 62 species. Among these plants 44 species are medicinal plants and 32 species are edible. The use of medicinal plants declines due to the accessibility of health facilities and drug stores. However, the villagers may gain the benefit from the plants which are commercially demanded. The strong support of the government on proper use of medicinal plants may lead to self-reliance on drug supplies.

Key words: Medicinal plant/Food plant/Mangroves

บทคัดย่อ

ป่าชายเลนที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและนิเวศวิทยา การสำรวจพืชป่าชายเลนที่จังหวัดนครศรีธรรมราชและตรัง พบว่ามีพืช 62 ชนิด 44 ชนิดเป็นพืชสมุนไพร และอีก 32 ชนิดเป็นพืชรับประทานได้ การใช้สมุนไพรในเขตที่สำรวจลดน้อยลงเรื่อยๆ เนื่องจากมีสถานพยาบาลของรัฐและร้านขายยา อย่างไรก็ตามสมุนไพรก็ยังอาจมีประโยชน์ในเรื่องเป็นพืชเศรษฐกิจ การสนับสนุนจากภาครัฐในการส่งเสริมให้ใช้สมุนไพรอย่างถูกต้อง จะส่งผลต่อการสร้างการพึ่งตนเองของประชาชนในเรื่องยา

คำหลัก: พืชสมุนไพร/พืชอาหาร/ป่าชายเลน

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นแหล่งที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและนิเวศวิทยา พืชที่อยู่ในป่าชายเลนมีค่าทางการค้า ได้แก่ ไม้โกงกาง ไม้แสม ไม้ทำถ่าน จากใช้มูลหูลังคา ไม้บางชนิดใช้ปลูกบ้าน (FAO; 1985) นอกจากใช้ประโยชน์เชิงการค้าแล้วผู้ที่อยู่อาศัยในป่าชายเลนยังได้ใช้เป็นอาหารและยา ในการสำรวจครั้งนี้เป็นการรวบรวมพืชสมุนไพรและพืชอาหารเพื่อนำมาศึกษาหาคุณค่าทางอาหารและโภชนาการต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้ยังเป็นการสำรวจสภาพการใช้สมุนไพรในพื้นที่ป่าชายเลนในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดตรัง

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ที่ทำการศึกษา

1. ตำบลปากนคร อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช
2. บ้านแหลมมะขาม ตำบลแม่เขาแก้ว อำเภอลิเกา จังหวัดตรัง
3. บ้านทุ่งตาชะะ จังหวัดตรัง
4. อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง

วิธีการสำรวจ

ไปเยี่ยมหมู่บ้านดังกล่าวข้างต้น เพื่อดูสภาวะการดูแลสุขภาพในชุมชน และสัมภาษณ์เรื่องพืชที่กินได้และใช้เป็นยา สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่อนามัย ผู้นำชุมชน ประชุมกลุ่มแม่บ้าน อาสาสมัคร เจ้าหน้าที่ป่าไม้

ผลและวิจารณ์ผล

1. สภาวะการดูแลสุขภาพ

จากการศึกษาพื้นที่ ต. ปากนคร อ. ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช พบว่าสภาวะเศรษฐกิจของผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้ป่าชายเลนค่อนข้างดี มีรายได้จากการประมง จึงสามารถหาซื้อยามารักษาตนเอง นอกจากนี้มีสถานอนามัยอยู่ไม่ห่างจากชุมชน สามารถเข้าไปยังตัวจังหวัดได้อย่างสะดวก จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่สถานีอนามัยพบว่ามีการใช้สมุนไพรน้อยลง สมุนไพรที่ใช้เป็นสมุนไพรที่มีการส่งเสริมโดยกระทรวงสาธารณสุข เช่น ขมิ้นชัน ฟ้ายะลวยโจร ยาหอมจันทลีลา ชุมเห็ดเทศ เป็นต้น

ส่วนบริเวณบ้านแหลมมะขาม ต. แม่เขาแก้ว อ. ลิเกา จ. ตรัง เป็นหมู่บ้านที่มีการรวมตัวของกลุ่มแม่บ้านเพื่อสานเสื่อจากเตย และทำกระเป๋า เมื่อสัมภาษณ์กลุ่มแม่บ้าน พบว่ามีแต่ผู้สูงอายุเท่านั้นที่ยังใช้อยู่ ส่วนผู้ที่อยู่ในช่วงไม่เกิน 30 ปี ไม่รู้จักและไม่ได้ใช้ หมู่บ้านไม่ไกลจากตัวอำเภอนัก ชาวบ้านจึงอาศัยร้านขายยาในเมือง

หมู่บ้านตาชะะ จ.ตรัง เป็นหมู่บ้านที่มีการรวมตัวของผู้รักป่าชายเลน มีการจัดทำเป็นสวนสมุนไพรในป่าชายเลนเพื่อการศึกษา มีพืชทั้งป่าชายเลนและป่าชายหาด โดยมีอาสาสมัครเป็นผู้นำชม ผู้นำชมยังเป็นสมาชิกของกลุ่มแม่บ้าน ซึ่งมีการรวมกลุ่มทำกิจกรรมโดยทำปลาแห้ง และปลาเค็มขาย ทางกลุ่มไม่ได้รับการสนับสนุนจากสามเฝ้าเพราะเห็นว่าไม่ค่อยได้ประโยชน์ทำให้สมาชิกกลุ่มลดลง จากการพูดคุยพบว่ากลุ่มแม่บ้านสนใจอยากทำผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรสำหรับการใช้นั้นแทบไม่มีการใช้พืชในป่าชายเลน มีการใช้ตามโครงการสมุนไพรในการสาธารณสุขมูลฐานของกระทรวงสาธารณสุข ส่วนใหญ่รักษาตนเองโดยพึ่งร้านยาและอาจไปรับการรักษาที่สถานีอนามัยและโรงพยาบาล

ส่วนที่ย่านตาขาว จังหวัดตรัง กำนันเป็นผู้พาชมและนำกลุ่มแม่บ้านมาร่วมให้สัมภาษณ์ด้วย กำนันสนใจอย่างมากที่จะให้มีการนำสมุนไพรกลับมาใช้อีก แต่เนื่องจากมีความรู้หลงเหลืออยู่ไม่มากแล้ว เช่น ใช้สมเษวรักษาพิษจากถูกเหียงปลาแทง จึงอยากให้มีการอบรมการใช้และเตรียมผลิตภัณฑ์สมุนไพร กลุ่มแม่บ้านที่มาร่วมสนทนาเห็นด้วยและสนใจโดยเฉพาะเรื่องผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้ผลิตจำหน่ายเป็นการเสริมรายได้

2. การสำรวจพืชสมุนไพรและพืชกินได้

จากการสำรวจและสัมภาษณ์รวบรวมรายชื่อสมุนไพรได้ 44 ชนิด (ตารางที่ 1) มีการใช้อยู่ไม่มาก มี 25 ชนิด ที่มีผู้สรรพคุณ ได้แก่ เหงือกปลาหมอ ปรงทะเล สมเษว สามเฝ้า จาก เป็นต้น ส่วนพืชที่รับประทานได้มี 31 ชนิด (ตารางที่ 2) จากนั้นสืบค้นข้อมูลการใช้ทางยาจากตำรายาไทย

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
1	เหงือกปลาหมอดอกขาว <i>Acanthus ebracteatus</i> Vahl	ราก, เมล็ด ใบ	รักษาโรคผิวหนัง, ฝี, แผลเรื้อรัง (พัฒน์ สุจ้านงค์, 2522; โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; สัมภาษณ์) รักษาแผลเรื้อรัง (พัฒน์ สุจ้านงค์, 2522)
2.	เหงือกปลาหมอดอกม่วง <i>Acanthus ilicifolius</i> L.	ราก, เมล็ด, ใบ	เหมือนเหงือกปลาหมอดอกขาว
3.	เหงือกปลาหมอเครือ <i>Acanthus volubilis</i> Wall.	ราก, เมล็ด, ใบ	เหมือนเหงือกปลาหมอดอกขาว
4.	ปรังทะเล <i>Acrostichum aureum</i> L.	เหง้า	รักษาแผล, รักษาพิษของตาตุ่มทะเล (สัมภาษณ์)
5.	ใบพาย / แสม <i>Aegialitis rotundifolia</i> Roxb.	ยอดอ่อน	ขับประจำเดือน (สัมภาษณ์)
6.	รามใหญ่ <i>Ardisia elliptica</i> Thunb.	ราก ใบ ผล, เปลือกต้น	แก้พิษงู (พัฒน์ สุจ้านงค์, 2522; โรงเรียนแพทย์แผน โบราณ, 2524; เกียรติ เอี่ยมสกุลรัตน์, 2523; เขาวน กสิ พันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; สายสนม กิตติ ขจร, 2526) , แก้ท้องเสีย, รักษาแก้มโรค (เขาวน กสิ พันธุ์, 2522) รักษาตับ (พัฒน์ สุจ้านงค์, 2522; โรงเรียนแพทย์แผน โบราณ, 2524; เขาวน กสิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ ภมร, 2525; สายสนม กิตติขจร, 2526; ชุนโยธาพิทักษ์, 2516; โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2505; สมาคมพ่อค้า ยากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัด มหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521; เสี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519) แก้ท้องเสีย (เขาวน กสิพันธุ์, 2522) แก้ไข้ (ชุนโยธาพิทักษ์, 2516), แก้ท้องเสีย (โรงเรียน แพทย์แผนโบราณ, 2524; เขาวน กสิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรง เรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521; เสี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519)
7.	มะนาวผี <i>Atalantia monophylla</i> Correa	ผล	รักษาโรคผิวหนัง (มูลนิธิหยาดฝน, 2524), รักษาหวัด (สัมภาษณ์)
8.	แสมขาว <i>Avicennia alba</i> Blume	ทั้งต้น เปลือกต้น ใบ	แก้ท้องเสีย (มูลนิธิหยาดฝน, 2524) รักษาแผล (มูลนิธิหยาดฝน, 2524; สัมภาษณ์) แก้พิษจากปลา (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
9.	แสมทะเล <i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh.	แก่น	แก้กระษัย, ขับประจำเดือน (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เกียรติ เอี่ยมสกุลรัตน์, 2523; เขาวนกลีพันธุ์, 2522; ชุนโยธาทิพย์, 2516; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521; เสี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519; ชลอ อุทกภาชน, 2524; มุลนิธิหยาดฝน, 2524)
		เมล็ด	รักษาฝี (สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
10.	แสมดำ <i>Avicennia officinalis</i> L.	กิ่ง	แก้พิษ, รักษาแผล (สัมภาษณ์)
11.	จิกทะเล <i>Barringtonia asiatica</i> (L.) Kurz.	เมล็ด	ขับลม (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
		ราก	รักษาพิษงู (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
		ผล	แก้ท้องเสีย (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
12.	ถั่วขาว <i>Bruguiera cylindrica</i> Blume	ราก	แก้ท้องเสีย, รักษาแผล (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
		เปลือกต้น	แก้ท้องเสีย, แก้อาเจียน (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523), แก้บิด (เขาวนกลีพันธุ์, 2522)
13.	ถั่วดำ <i>Bruguiera parviflora</i> Wight & Am. ex Griff.	เมล็ด	บำรุงกำลัง, บำรุงไขข้อ (เขาวนกลีพันธุ์, 2522; เสรีอาจเสรี, 2522)
14.	สารถั่วทะเล <i>Calophyllum inophyllum</i> L.	ราก, ใบ,	เป็นยาเบื่อปลา (สุ่ม วรกิจไพศาล, 2460; เวชศาสตร์ฉบับหลวง (ฉบับคัดลายมือ)
		เปลือก, ดอก	บำรุงหัวใจ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เขาวนกลีพันธุ์, 2522; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
15.	เถาตรุช <i>Calycopteris floribunda</i> Lamk.	ใบและยอด	รักษาพิษแมลงกัดต่อย (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
16.	ดินเบ็ดทราย <i>Cerbera manghas</i> L.	ราก	ขับเสมหะ (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
17.	ดินเบ็ดทะเล <i>Cerbera odollam</i> Gaertn.	ราก	ขับเสมหะ (พัฒน์ สุจันงค์, 2522; โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เขาวนกลีพันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; ชุนโยธาทิพย์, 2516; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; ชลอ อุทกภาชน, 2524)

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
		เปลือกต้น	แก้ไข้, เป็นยาระบาย (ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; สายสนม กิตติขจร, 2526; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521; เสี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519)
		ใบ	แก้ไข้ (เชาวน์ กลิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521), รักษากลากและเกลื้อน (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กลิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; ชะลอ อุตกษานัน, 2524) ยาดำย (เชาวน์ กลิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521)
		ผล	รักษาริดสีดวงทวาร (สัมภาษณ์)
		ดอก	แก้ริดสีดวงทวาร (สัมภาษณ์)
		เมล็ด	เบื่อปลา (สัมภาษณ์)
18.	โปรงขาว <i>Cerriops decandra</i> Ding Hou	เปลือกต้น	แก้ท้องเสีย (มูลนิธิหยาดฝน, 2524), รักษาแผล (สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521)
19.	โปรงแดง <i>Cerriops tagal</i> (Perr.) C.B. Robinson.	เปลือกต้น	ฝาดสมาน (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
20.	สามะงา <i>Clerodendrum inerme</i> (L.) Gaertn.	ใบ	รักษาโรคผิวหนัง (พัฒน์ สุจันงค์, 2522; โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กลิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521)
		ยอดอ่อน	ขับปัสสาวะ (สัมภาษณ์)
21.	สักชี <i>Dalbergia candenatensis</i> (Dennst.) Prain	แก่น	บำรุงเลือด, ขับเสมหะ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; เสี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519)
22.	หยีน้ำ / หยีทะเล <i>Derris indica</i> (Lamk.) Bennet	เปลือกต้น	ช่วยย่อย (สัมภาษณ์)
23.	หางไหล <i>Derris scandens</i> Benth.	ส่วนที่อยู่เหนือดิน	ขับน้ำคาวปลา (สัมภาษณ์)
24.	لوبแถบน้ำ <i>Derris trifoliata</i> Lour.	ราก	ยาระบาย (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เสี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519), แก้ปวด (เสรี อาจเสรี, 2524)
25.	แคทะเล <i>Dolichandrone spathacea</i> Schum.	ราก, ดอก	แก้ไข้ (สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
26.	ตาตุ่มทะเล <i>Excoecaria agallocha</i> L.	ราก	แก้ชักเสบ, แก้ไข้, แก้คัน (พัฒน์ สุจันงค์, 2522; สายสนม กิตติขจร, 2526)

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
		ต้น, แก่น ยาง	แก้ไข้, ขับลม (เขาวน กสิพันธุ์, 2522) ขับพยาธิ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เขาวน กสิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; ชุนโยธาทิพย์, 2516; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; เวชศาสตร์ฉบับหลวง (ฉบับคัดลายมือ)
27.	หงอนไก่ทะเล <i>Heritiera littoralis</i> Dryand.	ราก	ทำให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ, ขับน้ำคาวปลา (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523)
28.	ปอทะเล <i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	ราก	แก้ไข้, ขับปัสสาวะ, ยาถ่าย (พะยอม ดันติวัฒน์, 2521)
29.	นมเมีย <i>Hoya lacunosa</i> Bl.	ยาง	รักษาหูด (สัมภาษณ์)
30.	เสม็ดขาว <i>Melaleuca cajuputa</i> Powell.	ใบ	ช่วยย่อย (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เขาวน กสิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523), ขับลม (เสรี อาจเสรี, 2524)
31.	โคลงเคลงขน <i>Melastoma villosum</i> Lodd.	ใบ	รักษาแผล (สัมภาษณ์)
32.	จาก <i>Nypa fruticans</i> Wurm.	ราก, ใบ นมจาก	แก้ท้องเสีย (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523) แก้ไข้, แก้ท้องเสีย (สัมภาษณ์)
33.	เป็งทะเล <i>Phoenix paludosa</i> Roxb.	ราก	แก้ท้องเสีย (สัมภาษณ์)
34.	ขลุ้ <i>Pluchea indica</i> Less.	ใบ, ต้น	ขับปัสสาวะ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เขาวน กสิพันธุ์, 2522; สายสนม กิตติขจร, 2526; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
35.	หัวว่าว / หัวเครายุ้ง <i>Pymosia adnascens</i> (G. Forst.) Ching	ราก	รักษาฝี, แก้อักเสบ (สัมภาษณ์)
36.	โกงกางใบเล็ก <i>Rhizophora apiculata</i> Blume	เปลือกต้น	แก้ท้องเสีย, รักษาแผลเรื้อรัง (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เขาวน กสิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
37.	โกงกางใบใหญ่ <i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	เปลือกต้น	ฝาดสมาน (เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519), แก้ท้องเสีย (สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519)

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
38.	สมอทะเล <i>Sapium indicum</i> Willd.	ราก	ทำให้ประจำเดือนเป็นปกติ (สัมภาษณ์)
		เปลือกต้น, ใบ	ยาถ่าย, ขับลม (สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523)
		ผล	ยาถ่าย (เชาวน์ กลิพันธุ์, 2522; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
		เมล็ด	ขับพยาธิ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กลิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช.พงษ์ภมร, 2525; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
39.	รักทะเล <i>Scaevola taccada</i> (Gaertner.) Roxb.	หัว	รักษาโรคผิวหนัง (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523), ขับเสมหะ, แก้ท้องบิด (สัมภาษณ์)
		ผล	ทำให้ประจำเดือนมาปกติ (สัมภาษณ์)
40.	ผักเบี้ยทะเล <i>Sesuvium portulacastrum</i> L.	ยอดอ่อน	ขับปัสสาวะ (สัมภาษณ์)
41.	ลำพูทะเล <i>Sonneratia alba</i> J. Smith	ราก, ผล	แก้ท้องเสีย, ฝาดสมาน (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523)
42.	ลำพู <i>Sonneratia caseolaria</i> (L.) Engl	ราก	แก้ไข้ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524)
		เปลือกต้น	รักษาโรคผิวหนัง แผลเปื่อย (เชาวน์ กลิพันธุ์, 2522; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; เสรี อาจเสรี, 2522) แก้ท้องเสีย (เชาวน์ กลิพันธุ์, 2522; เสรี อาจเสรี, 2522)
43.	ลำเหียง <i>Stenochlaena palustris</i> (Burm.f.) Bedd.	ยอดอ่อน	รักษาอาการตับอักเสบ (สัมภาษณ์)
44.	ตะบูนขาว <i>Xylocarpus granatum</i> Koen.	เมล็ด, เปลือก ต้น	แก้ท้องเสีย (สัมภาษณ์) รักษาแผล, แก้บิด, แก้ท้องเสีย (สัมภาษณ์)

ตารางที่ 2 รายชื่อพืชผักในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้
1.	เหजीอกปลาหมอดอกขาว	<i>Acanthus ebracteatus</i> Vahl	ผล
2.	เหजीอกปลาหมอดอกม่วง	<i>Acanthus ilicifolius</i> L.	ผล
3.	ปรงทะเล	<i>Acrostichum aureum</i> L.	ยอดอ่อน
4.	ปรงหนู	<i>Acrostichum speciosum</i> Willd.	ยอดอ่อน
5.	รามใหญ่	<i>Ardisia elliptica</i> Thunb.	ผล
6.	นํ้านอง	<i>Brownlowia tersa</i> (L.) Kosterm.	ผล
7.	ถั่วขาว	<i>Bruguiera cylindrica</i> Bl.	ฝัก
8.	พังกาหัวสุมดอกแดง	<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (L.) Savigny	ดอก
9.	ถั่วดำ	<i>Bruguiera parviflora</i> Wight & Am.ex Griff.	ฝัก
10.	พังกาหัวสุมดอกขาว	<i>Bruguiera sexangular</i> Poir.	ดอก
11.	ตีนเป็ดทะเล	<i>Cerbera odollam</i> Gaertner	ผล
12.	โปรงขาว	<i>Ceriops decandra</i> Ding Hou	หัวใต้ดิน (ทำแป้งทำขนม)
13.	มังคะ	<i>Cynometra iripa</i> Kostel.	ยอดอ่อน
14.	หยีน้ำ / หยีทะเล	<i>Derris indica</i> (Lamk.) Bennet	ยอดอ่อน
15.	ถอบแถบน้ำ	<i>Derris trifoliata</i> Lour.	ยอดอ่อน, ดอก
16.	มะพลับ	<i>Diospyros areolata</i> King & Gamble	ผล
17.	หวายลิง	<i>Flagellaria indica</i> L.	ยอดอ่อน
18.	เสม็ดขาว	<i>Melaleuca cajuputi</i> Powell	ผลสุก
19.	โคลงเคลงขน	<i>Melastoma villosum</i> Lodd.	ผลสุก
20.	จาก	<i>Nypa fruticans</i> Wummb.	ช่อดอก, ผล
21.	เป้งทะเล	<i>Phoenix paludosa</i> Roxb.	ยอดอ่อน
22.	โกงกางใบเล็ก	<i>Rhizophora apiculata</i> Bl.	ยอดอ่อน
23.	โกงกางใบใหญ่	<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	ยอดอ่อน
24.	สมอทะเล	<i>Sapium indicum</i> Willid.	ผลอ่อน (ทองเกลือ)
25.	ลำพูทะเล	<i>Sonneratia alba</i> J. Smith	ยอดอ่อน
26.	ลำพู	<i>Sonneratia caseolaris</i> (L.) Engl.	ดอก, ผลอ่อน
27.	ลำแพนหิน	<i>Sonneratia griffithii</i> Kurz	ยอดอ่อน
28.	ลำแพน	<i>Sonneratia ovata</i> Back	ยอดอ่อน
29.	ลำเห้ง	<i>Stenochlaena palustris</i> (Brum.f.) Bedd.	ยอดอ่อน, ดอก
30.	ชะคราม	<i>Suaeda maritima</i> Dum.	ยอดอ่อน
31.	ตะบูนขาว	<i>Xylocarpus granatum</i> Koen.	เมล็ดใน

จากการศึกษาแสดงว่าในป่าชายเลนอุดมไปด้วยพืชสมุนไพรและพืชอาหาร การสำรวจครั้งนี้ได้พบพืช 62 ชนิด ซึ่งต่างจากที่เคยมีผู้รายงานไว้ 72 ชนิด (สนิท อักษรแก้ว, 2535) และ 51 ชนิด (จิระศักดิ์ ชูความดี และคณะ, 2542) ถึงแม้ว่าการใช้สมุนไพรจะลดลงเนื่องจากในบริเวณใกล้ๆ มีสถานีนอนมัย และร้านขายยา ซึ่งผู้ที่อยู่ในบริเวณป่าชายเลนสามารถไปรับการรักษาและหาซื้อยาได้ง่าย พืชสมุนไพรที่สามารถปลูกได้ในบริเวณป่าชายเลน บางชนิดอาจนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์และพัฒนาการเพาะปลูกเพื่อเสริมรายได้เช่น เถาวัลย์เปรียง ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ยาแคปซูลใช้แก้ปวดหลังและมีการศึกษาวิจัยโดยสถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จึงควรมีการศึกษาวิธีการปลูก พืชอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีศักยภาพในการปลูกเพื่อเป็นวัตถุดิบคือ ผักบุ้งทะเล ซึ่งใช้รักษาพิษแมงกระพรุน (Pongprayoon et al., 1990; Wasuwat et al., 1970; Pongprayoon et al., 1991) มีการศึกษาวิจัยจนถึงขั้นพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว แต่เนื่องจากขาดแคลนวัตถุดิบจึงยังไม่มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่าย นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ขับปัสสาวะ (Nilvises et al., 1989) มีโอกาสจะนำมาพัฒนาเป็นยาขับปัสสาวะ

ชุมชนมีความสนใจที่จะส่งเสริมการใช้สมุนไพรในชุมชนแต่ยังขาดข้อมูล หากรัฐบาลให้การสนับสนุนให้มีการใช้สมุนไพรอย่างถูกต้อง จะทำให้มีการใช้สมุนไพรอย่างกว้างขวางขึ้น ในหมู่บ้านมีการรวมกลุ่มแม่บ้านเพื่อทำกิจกรรมกันอยู่แล้ว หากรัฐจะชักจูงในการส่งเสริมให้มีการใช้สมุนไพรและเพาะปลูกพืชที่มีศักยภาพ อาจจะเป็นแนวทางในการเสริมรายได้ให้ประชาชนในท้องถิ่น

สรุปและข้อเสนอแนะ

การสำรวจพืชสมุนไพรและพืชอาหารในป่าชายเลนพบพืชสมุนไพร 44 ชนิด และผักพื้นบ้าน 32 ชนิด และเมื่อสำรวจสภาพแวดล้อม พบว่าประชาชนในบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนยังมีการใช้สมุนไพรแต่ปริมาณน้อยลง เนื่องจากมีสถานพยาบาลของรัฐและร้านขายยาอยู่ไม่ไกลนัก แต่เมื่อได้พบปะผู้นำชุมชน และกลุ่มแม่บ้าน แสดงความสนใจที่จะให้มีการฟื้นฟูการใช้และทำผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรออกจำหน่าย มีพืชสมุนไพรบางชนิด เช่น ชลูด มีศักยภาพที่จะนำมาพัฒนาการเพาะปลูกเป็นการเสริมรายได้ แต่ต้องมีการประสานกับภาคการผลิต และมีการอบรมกลุ่มแม่บ้านในเรื่องการเพาะปลูกและการใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- เกียรติ เอี่ยมสกุลรัตน์. 2523. ตำราในหนังสืออนุสรณ์ ขวัญตระกูล จำเริญกุล. โรงพิมพ์ศรีอนันต์, กรุงเทพฯ.
- ขุนโยธาทักษ์ (แทน ประทีประจิตต์). 2516. ตำราแพทย์แผนโบราณวิชาหมอนวดโยคะศาสตร์และตำราเภสัชกรรม. สำนักพิมพ์บรรณศิลป์, กรุงเทพฯ.
- จิระศักดิ์ ชูความดี, นายชาติรี มากนวล, ดร. ดวงใจ สุขเฉลิม และคณะ. 2542. พันธุ์ไม้ในป่าชายเลนในประเทศไทย กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ชะลอ อุกทกขาน. 2524. หลักการใช้ยาสมุนไพรรักษาโรคต่างๆ. สำนักพิมพ์แพรวพิทยา, กรุงเทพฯ.
- เชาวน์ กลีพันธุ์. 2522. ตำราเภสัชศึกษา. สมาคมแพทย์เภสัชกรรมไทยโบราณ, กรุงเทพฯ.
- ปรีชา ช. พงษ์ภมร. 2525. ตำรายาแพทย์แผนโบราณ. ห้างหุ้นส่วนจำกัดสำนักพิมพ์อานวยสาสน์, กรุงเทพฯ.
- พะยอม ต้นติวัฒน์. 2521. สมุนไพร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- พัฒน์ สัจจามนต์. 2522. ตำรายาไทย-จีน (ยากลับบ้าน ยาสมุนไพร ยาแผนโบราณ). สำนักพิมพ์แพรวพิทยา, กรุงเทพฯ.
- มูลนิธิหยาดฝน. 2524. การใช้สมุนไพรจากป่าชายเลน. กรีนกรุป, จังหวัดตรัง.

- โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร. 2524. ตำราประมวลหลักเภสัช, กรุงเทพฯ.
- โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ. วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร. 2505. ตำรายาศิลาจารึกในวัดพระเชตุพนวิมลมังคลาราม. สุกงการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- เวชศาสตร์ฉบับหลวง (ฉบับคัดลายมือ), กรุงเทพฯ.
- สนธิ อักษรแก้ว, กอร์ดอน เอส แมกซ์เวลล์, สมใจ ทะวานนท์, สมชาย พานิชสุโน. 2535. พันธุ์ไม้ในป่าชายเลน. บริษัทฉลองรัตน์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ. 2521. ตำราหลักวิชาแพทย์แผนโบราณ สาขาเภสัชกรรม. ห้างหุ้นส่วนจำกัด คุณทินอักษรกิจ, กรุงเทพฯ.
- สมาคมแพทย์แผนโบราณ วัดมหาธาตุฯ. 2523. ตำราเภสัชกรรมไทย แผนโบราณ. โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร, กรุงเทพฯ.
- สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ สำนักวัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร. 2521. ประมวลสรรพคุณยาไทย (ภาคหนึ่ง และภาค 2) ว่าด้วยพฤกษศาสตร์, วัตถุธาตุ และสัตววัตถุนานาชาติ. ไพศาล ศิลป์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- สายสนม กิตติจักร. 2526. ตำราสรรพคุณสมุนไพรไทยแผนโบราณ โรงพิมพ์อักษรไทย, กรุงเทพฯ.
- สุ่ม วรกิจไพศาล. 2460. เวชศาสตร์วัฒนธรรม ตำราแพทย์แบบเก่า (เล่ม 1 ถึงเล่ม 5). โรงพิมพ์พิศาลบรรณนิติ, กรุงเทพฯ.
- เสงี่ยม พงษ์บุญรอด. 2519. ไม้เทศเมืองไทย. เกษมบรรณกิจ, กรุงเทพฯ.
- เสรี อาจเสรี. 2524. ยาสมุนไพร. สำนักพิมพ์พิทยาการ, กรุงเทพฯ.
- เสรี อาจเสรี. 2542. ตำรายาแผนโบราณไทยประจำบ้าน. สำนักพิมพ์พิทยาการ, กรุงเทพฯ.
- FAO. 1985. Mangrove management in Thailand, Malaysia and Indonesia. FAO environment paper 4. Rome: FAO, Rome.
- Pongprayoon, U., L. Bohlin, P. Balckstrom, U. Jacobson, M. Lindstrom. 1990. Anti-inflammatory activity of *Ipomoea pes-caprae*. *Planta Med* 1990;56:661.
- Pongprayoon, V., L. Bohlin, S. Wasuwat. 1991. Neutralization of toxic effect of different crude jelly-fish venoms by an extract of *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br. *J Ethnopharmacol* 35;35-9.
- Nilvises, N., V. Vamnoijinda, B. Vanvurakul, P. Pidech. 1989. Diurectic effect of *Pluchea indica*. *Thai J Pharmacol* 11:1-8.
- Wasuwat S. 1970. Extract of *Ipomoea pes-caprae* (Convolvulaceae) antagonistic to histamine and jelly fish poison. *Nature (London)* 1970;225(5234):758.

การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน

Pharmacological Studies of Plants in the Mangrove Areas

นันทวัน บุญยะประภัศร

อรัญญา จุติวิบูลย์สุข

ประพิณศรา สอนเล็ก

วิโรจน์ อีรณนารถ

สนธิ อักษรแก้ว

Harry H. S. Fong

John M. Pezzuto

Jerry Kosmeder

Nuntavan Bunyapraphatsara

Aranya Jutiviboonsuk

Prapinsara Somlek

Viroj Teratanatorn

Sanit Aksomkoac

Harry H. S. Fong

John M. Pezzuto

Jerry Kosmeder

Abstract

Mangrove areas are rich in medicinal and edible plants. Biological screening of the plants in this study may lead to drug and product development. The biological tests includes antioxidation, antilipid peroxidation and cancer chemoprevention. Fifty seven samples of 32 species were tested. Calyces of *Sonneratia caseolaris* exhibited the strong antioxidant activity followed by stamens of *Sonneratia caseolaris*, calyces of *S. alba*, *Cynometra ramiflora* seeds, *Xylocarpus rumphii* fruit peel and branches. Some edible pods including *Bruguiera parviflora*, *Ceriops decandra*, *C. tagal*, *Rhizophora mucronata* etc., were also active. Some of these pods also exhibited antilipid peroxidation such as *Bruguiera parviflora* and *Rhizophora mucronata*. Besides, *Cynometra ramiflora* (seeds), *Lumnitzera racemosa* (leaves), *Nypa fruticans* (inflorescences) and *Sonneratia caseolaris*, exhibited strong antilipid peroxidation. Plants possessed cancer chemoprevention activities were *Bruguiera gymnorhiza* (pods), *Acanthus ebracteatus* (leaves), *Avicennia marina* (leaves), *Flagellaria indica* (young shoot), *Phoenix paludosa* (young shoot) and *Trianthema decandra* (aerial part), of which *Bruguiera gymnorhiza* pods exhibited strongest activity.

Key words: Pharmacological/Mangroves plants

บทคัดย่อ

ป่าชายเลนอุดมไปด้วยพืชสมุนไพรและพืชอาหาร การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนายาและผลิตภัณฑ์ โดยตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxide และฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง ของพืช 32 ชนิด 57 ตัวอย่าง พบว่าพืชที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดคือ กลีบเลี้ยงดอกลำพู รองลงมาคือเกสรตัวผู้ของดอกลำพู กลีบเลี้ยงลำพูทะเล เมล็ดในมะคะ เปลือกลูกและกิ่งตะบัน และฝักของพืชในป่าชายเลนหลายชนิดก็มีฤทธิ์ดีเช่นกัน ได้แก่ ฝักอ่อนถั่วดำ ฝักอ่อนโปรงขาว ฝักอ่อนโปรงแดง ฝักอ่อนโกงกางใบใหญ่ ฝักแก่โกงกางใบใหญ่ ซึ่งพืชเหล่านี้ยังมีฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxidation ที่ดีด้วย เช่น ฝักอ่อนถั่วดำ ฝักอ่อนโกงกาง เป็นต้น พืชที่มีฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxidation ยังได้แก่ เมล็ดในมะคะ ใบฝาดดอกขาว จาก และผลลำพู ส่วน

พืชที่ฤทธิ์ด้านการเกิดมะเร็งดีที่สุดได้แก่ พังกาหัวสุมดอกแดง นอกจากนี้ได้แก่ ใบเหียงอกปลาหมอ ใบเสมทะเล ยอดหาวลิ้ง ยอดเป้ง ผักเบี้ยทะเล

คำหลัก: /การศึกษาฤทธิ์/เภสัชวิทยา/พืชป่าชายเลน

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นป่าที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและนิเวศวิทยา พืชที่มีอยู่ในป่าชายเลนนั้นไม่เพียงแต่เป็นพืชที่ช่วยอนุรักษ์ป่าชายเลนไม่ให้พังทลาย ยังเป็นที่อาศัยของสัตว์ทะเลน้อยใหญ่ พืชบางชนิดใช้เป็นอาหาร พืชใช้เป็นยาแผนโบราณ เช่น ใบเหียงอกปลาหมอใช้รักษาแผลเรื้อรัง (พัฒน์ สุจำนงค์, 2522) เปลือกต้นเสมขาวรักษาแผล (มูลนิธิขยายผล, 2524) เปลือกต้นโกงกางใบเล็กใช้แก้ท้องเสีย รักษาแผลเรื้อรัง (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; สมาคมแพทย์แผนโบราณ, 2521) เปลือกต้นโกงกางใบใหญ่แก้ท้องเสีย (เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519) เป็นต้น พืชบางชนิดใช้เป็นอาหารจึงควรมีการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนายาต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) การต้านการเกิด lipid peroxide และฤทธิ์ต้านมะเร็ง เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนายาและผลิตภัณฑ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1.1. การทดสอบใช้วิธี DPPH scavenging model (Hatano et al., 1988; Duh and Yen, 1997; Ancerewiz et al., 1988).

1.1.1. การทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม

1. เตรียมสารสกัด ความเข้มข้น 1.0 mg/ml โดยชั่งสารสกัด 10 mg ละลายใน Methanol (AR) 10 ml นำไป sonicate นาน 10 นาที
2. เตรียมสารละลาย 1mM DPPH in Methanol (3.943 มก/10 ml)
3. เตรียม mixture ของ reaction ที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วสังเกตการลดลงของ DPPH (ดูจากการเปลี่ยนสีของ DPPH จากสีม่วงเป็นสีเหลือง) ที่เวลา t=0, 5, 10, 15, 20 และ 30 นาที

ทดลองโดยใช้สารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้

TUBE	Sample (μ)	MeOH (μ)	DPPH (μ)	คิดเป็น extract (mg)
1	0	2800	200	0
2	10	2790	200	0.01
3	20	2780	200	0.02
4	50	2750	200	0.05
5	100	2700	200	0.1
6	200	2600	200	0.2
7	300	2500	200	0.3

ช่วงความเข้มข้นที่สามารถนำมา plot เป็น Dose activity curve จะอยู่ในช่วงความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถทำปฏิกิริยากับ DPPH ได้ภายในเวลา 10 นาที โดยที่ยังมี DPPH เหลืออยู่ คือสีม่วงของ DPPH ลดลงเมื่อเทียบกับ control (tube 1) ถ้าสารสกัดทำปฏิกิริยากับ DPPH (เห็น solution เป็นสีเหลือง) แสดงว่าช่วงความเข้มข้นนั้นจะได้กราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง

1.1.2. การทดลองหาค่า EC_{50}

1. เตรียมสารสกัด (stock solution)

ถ้าช่วงที่ screen ได้เป็นช่วง 0.01 – 0.02 ต้องเตรียมสารสกัดความเข้มข้น 0.5 mg/ml

ถ้าช่วงที่ screen ได้เป็นช่วง 0.05 – 0.3 เตรียมสารสกัดความเข้มข้น 1.0 mg/ml

โดยชั่งสารสกัด และละลายใน Methanol (AR grade) แล้ว sonicate เป็นเวลา 10 นาที

2. เตรียมสารละลาย 1mM DPPH

3. เตรียมส่วนผสม ดังนี้

Tube	Stock solution (μ l)	MeOH (μ l)	DPPH (μ l)
1	0	2800	200
2	10	2790	200
3	20	2780	200
4	30	2770	200
5	40	2760	200
6	50	2750	200
7	60	2740	200

หมายเหตุ : สัดส่วนของ Mixture ปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของ reaction เพื่อให้ได้ช่วงกราฟที่เป็นเส้นตรง

4. ผสม mixture ด้วย vortex mixer และจับเวลา 10 นาที ทันทีหลังจากผสมแล้ว

5. นำไปวัด absorbent ที่ความยาวคลื่น 515 nm

6. plot กราฟระหว่างปริมาณสารสกัด (mg) กับ % inhibition

โดยคำนวณ % inhibition ได้จาก

$$(\text{ABS control} - \text{ABS sample})$$

$$\% \text{inhibition} = \frac{\quad}{\text{ABS control}} \times 100$$

7. คำนวณ ค่า EC_{50} จากกราฟ

1.2 การทดสอบหาสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Thin-layer Chromatography (Sanchez-Medina et al., 2001)

นำสารสกัด ethyl acetate มาวิเคราะห์ด้วย thin-layer chromatography โดยใช้ silicagel G60 เป็น absorbent และใช้ mobile phase 2 ระบบคือ

a CHCl_3 - MeOH 9:1

b CHCl_3 - MeOH - H_2O 65:35:8

แต่ละ solvent ทำ TLC 2 แผ่น แผ่นแรก spray ด้วย 30% H_2SO_4 อีกแผ่น spray ด้วย 0.2% DPPH in methanol นับจำนวน spot ที่ให้ผล positive กับ DPPH คือ spot ที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อทิ้งไว้ 8 ชม.

2. การทดสอบฤทธิ์ต้าน lipid peroxidation

ในการตรวจสอบ antilipid peroxidation activity ของสารสกัด สามารถทดสอบได้โดยใช้ thiobarbituric acid (TBA) method (Kammasud, 2001) เนื่องจากไขมันที่อยู่ใน diluted brain homogenate เกิด auto-oxidation และให้สารที่เป็น lipid radical และสุดท้ายจะได้ malondialdehyde (MDA) เมื่อ MDA ทำปฏิกิริยากับ TBA จะเกิด product คือ Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ซึ่งมีสีชมพู และสามารถจะวัดปริมาณของ TBARS ได้จากการวัดค่า fluorescent intensity ที่ 528.5 nm (excitation wavelength) และ 551 nm (emission wavelength) ด้วยเครื่อง Fluorophotometer ถ้าสารสกัดมีฤทธิ์จะสามารถยับยั้งการสร้าง MDA ทำให้ปริมาณ MDA ลดลง ส่งผลให้ปริมาณ TBARS ลดลงด้วย ดังนั้น fluorescent intensity จึงลดลง และสามารถคำนวณค่า % inhibition, IC_{50} ของสารได้

1. การเตรียม mice brain homogenate

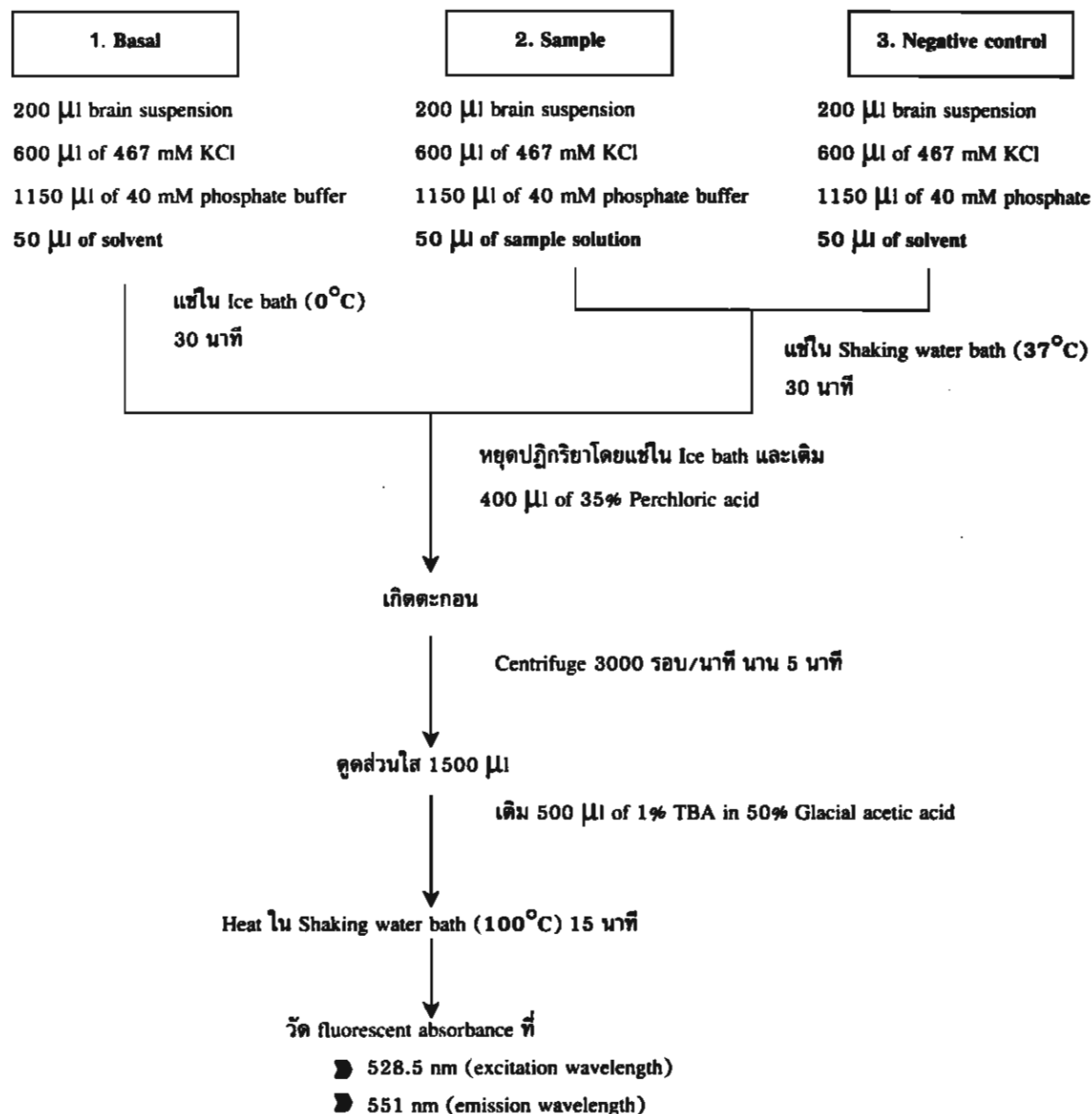
เตรียมจากหนูที่ถูกฆ่าใหม่ๆ นำสมองมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันในสารละลาย 40 mM phosphate buffer pH 7.4 ที่แช่ใน ice bath อัตราส่วน 1:19 w/v และแช่ใน ice bath

2. การทดสอบ antilipid peroxidation activity แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด ดังรูปที่ 1

3. การทดสอบฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง

การทดสอบใช้ Quinone reductase induction (Prochaska & Santamaria 1988; Prochaska et al. 1992) ส่งสารสกัดทั้งหมดไปทดสอบฤทธิ์ป้องกันมะเร็งที่ Program for collaborative Research in the Pharmaceutical Science (PCRPS), University of Illinois at Chicago ซึ่งทดสอบหา NAD(P)H : (quinone acceptor) Oxidoreductase ใน cultured cells Hepa 1c1c7 murine โดยเพาะเลี้ยงใน microtiter plates เพาะเลี้ยง 24 ชม. จากนั้นนำเซลล์ไป lysed และตรวจหา quinone reductase induction activity โดยเติม 2-methyl-1,4-naphthoquinone (menadione) และ 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) quinone reductase จะเร่งปฏิกิริยา reduction ของ menadione ไปเป็น menadiol โดย NAD(P)H และ MTT จะถูก reduce โดยไม่ใช่เอนไซม์ โดย menadiol เกิดเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งวัดการดูดซึมแสงบน microtiter plate เนื่องจากสารสกัดบางชนิดที่เหนี่ยวนำ quinone reductase activity อาจยับยั้งการเจริญของเซลล์ จึงคำนวณ quinone reductase activity ต่อจำนวนเซลล์และโปรตีน ซึ่งย้อมด้วย crystal violet ค่อยๆ ริน media ออก และล้างด้วยน้ำ นำเอาส่วนที่ติดสีไปละลายใน sodium dodecyl sulfate ที่ 37°C เป็นเวลา 1 ชม. แล้วจึงนำ plate ไป scan ที่ 550 nm

การคำนวณใช้ CD (double specific activity) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จาก quinone reductase activity / total cell protein CD ที่ได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ถือว่า active การตรวจความเป็นพิษต่อเซลล์ คำนวณจากความเข้มข้นที่ทำให้เซลล์ตาย 50% (IC_{50})



คำนวณ % inhibition โดยใช้สูตร

$$\% \text{ inhibition} = \left\{ 1 - \frac{A_{\text{test}} - A_{\text{basal}}}{A_{\text{control}} - A_{\text{basal}}} \right\} 100$$

A_{test} = the fluorescent intensity of solution with tested compound

A_{basal} = the fluorescent intensity of basal control

A_{control} = the fluorescent intensity of negative control

คำนวณ IC_{50} จาก linear regression plot ระหว่างความเข้มข้น กับ % inhibition

รูปที่ 1 การทดสอบ antilipid peroxidation activity

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่า พืชที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแรงคือมี EC_{50} ต่ำกว่า $10 \mu\text{g/ml}$ มี 18 ตัวอย่าง ได้แก่ ดอกแสมขาว (7.69) ดอกแสมทะเล (8.67) ยอดจิกทะเล (8.93) ฝักอ่อนถั่วดำ (5.00) ฝักอ่อนโปรงขาว (6.38) ฝักอ่อนโปรงแดง (6.67) เมล็ดโนมะคะ (3.33) ใบฝาดดอกขาว (5.87) ฝักแก้งโก้งกางใบใหญ่ (4.33) ฝักอ่อนโก้งกางใบใหญ่ (3.83) ใบโก้งกางใบใหญ่ (7.67) กลีบเลี้ยงลำพูทะเล (2.57) เกสรตัวผู้ลำพู (2.93) กลีบเลี้ยงลำพู (6.10) ผลลำพู (4.17) เมล็ดโนตะบูนขาว (5.60) เปลือกลูกตะบูนขาว (4.67) เปลือกลูกตะบัน (3.67) กิ่งตะบัน (3.67) (ตารางที่ 1) ซึ่งตัวอย่างที่ให้ฤทธิ์แรงที่สุดคือ กลีบเลี้ยงลำพู เมื่อตรวจดูจำนวนสารที่มีฤทธิ์ด้วยวิธี TLC พบว่าพืชเหล่านี้มีสารออกฤทธิ์ตั้งแต่ 3 - 12 ชนิด (ตารางที่ 1)

เมื่อนำพืชเหล่านี้มาทดสอบฤทธิ์ต้าน lipid peroxidation ที่มีฤทธิ์แรงโดย IC_{50} น้อยกว่า $1 \mu\text{g/ml}$ ได้แก่ ฝักอ่อนถั่วดำ (0.375) เมล็ดโนมะคะ (0.8992) ใบฝาดดอกขาว (0.199) ช่อจาก (0.950) ฝักอ่อนโก้งกางใบใหญ่ (0.2918) ผลลำพู (0.083) และที่มีฤทธิ์ต่ำกว่า $10 \mu\text{g/ml}$ อีก 26 ตัวอย่าง พบว่ามีฤทธิ์ดี น่าสนใจที่จะนำไปศึกษาต่อ (ตารางที่ 2)

ส่วนฤทธิ์ด้านการเกิดมะเร็งมี ฝักอ่อนพังกาหัวสุ่มดอกแดง ให้ผลดีที่สุดคือ $CD = 2.9 \mu\text{g/ml}$ ส่วนที่มี CD น้อยกว่า 10 ได้แก่ ใบเหวือกปลาหมอดอกขาว (9.5) ผลเถาคัน (3.6) ยอดหวายลิง (9.9) ยอดเป้ง (8.8) ฝักเบี้ยทะเล (9.2) และใบแสมทะเล (5) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	EC ₅₀ (μg/ml)	จำนวน active spot (TLC)
1	<i>Acanthus ebracteatus</i> Vahl	เหงือกปลาหมอดอกขาว	ใบ	49.33	7
2	<i>Acanthus illicifolius</i> L.	เหงือกปลาหมอดอกม่วง	เมล็ด	162.00	9
			เปลือก	79.67	6
3	<i>Acrostichum aureum</i> L.	ปรังทะเล (สด)	ยอด	103.00	3
4	<i>Avicennia alba</i> Blume	แสมขาว	ผล	20.67	10
			ใบ	102.67	3
			ดอก	7.67	8
			กิ่ง	89.00	3
5	<i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh	แสมทะเล	ใบ	66.00	3
			ดอก	8.67	8
			กิ่ง	28.00	6
6	<i>Barringtonia asiatica</i> (L.) Kurz.	จิกทะเล (แห้ง)	ยอด	8.93	3
7	<i>Bruguiera cylindrica</i> Blume.	ถั่วขาว	ฝัก	47.00	7
8	<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (L.) Savigny	พังกาหัวส้มดอกแดง	ฝักอ่อน	11.67	8
			ดอก	11.67	8
			ใบ	18.00	8
			กิ่ง	16.00	10
9	<i>Bruguiera parviflora</i> Wight & Am.ex Griff.	ถั่วดำ	ฝักอ่อน	5.00	9
			ใบ	105.00	10
10	<i>Bruguiera sexangular</i> Poir	พังกาหัวส้มดอกขาว	ฝักอ่อน	16.67	12
11	<i>Ceriops decandra</i> Ding Hou	โปรงขาว	ฝักอ่อน	6.38	10
12	<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B. Robinson.	โปรงแดง	ฝักอ่อน	6.67	9
13	<i>Cissus carnosus</i> Roxb.	เถาวัล (แห้ง)	ผล	Negative	3
14	<i>Cordia cochinchinensis</i> Pierre	หมัน	ผล	93.67	4
15	<i>Cynometra ramiflora</i> L.	มะคะ	เนื้อผล	31.33	6
			เมล็ดใน	3.33	10
16	<i>Derris trifoliata</i> Lour.	ถอบแถบ	ใบ	13.33	7

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	EC ₅₀ (µg/ml)	จำนวน active spot (TLC)
17	<i>Flagellaria indica</i> L.	หวายลิง	ยอด (แห้ง)	123.33	4
	<i>Flagellaria indica</i> L.	หวายลิง	ยอด (สด)	384.00	4
18	<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd.	ผาดดอกขาว	ใบ	5.87	10
			ผล	11.33	6
19	<i>Nypa fruticans</i> Wurm.	จาก	ช่อดอกอ่อน	50.67	7
			เกสรตัวผู้	42.00	8
20	<i>Phoenix paludosa</i> Roxb.	เปิง	ยอด (แห้ง)	38.00	6
			ยอด (สด)	12.28	6
21	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume	โกงกางใบเล็ก	ใบ	28.67	9
			ฝักอ่อน	36.80	4
			กิ่ง	10.10	5
22	<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	โกงกางใบใหญ่	ฝักแก่	4.33	8
			ฝักอ่อน	3.83	12
			ใบ	7.67	11
23	<i>Sarcobatus globosus</i> Wall.	ห้วลิง	เปลือกผล	Negative	-
			เมล็ด	Negative	-
24	<i>Sonneratia alba</i> J. Smith	ลำพูทะเล	กลีบเลี้ยง	2.57	8
25	<i>Sonneratia caseolaris</i> (L.) Engl.	ลำพู	เกสรตัวผู้	2.93	8
			กลีบเลี้ยง	6.10	7
			ผล	4.17	10
26	<i>Sonneratia ovata</i> Back	ลำแพน	ผล	28.67	3
27	<i>Stenochlaena palustris</i> (Burm.f.) Bedd.	ลำเท็ง	ยอด (แห้ง)	215.70	2
			ใบแก่ (แห้ง)	398.00	8
28	<i>Suaeda maritima</i> Dum.(นครศรีธรรมราช)	ชะคราม	ยอด	121.33	8
	<i>Suaeda maritima</i> Dum. (สมุทรสงคราม)	ชะครามใบเขียว	ยอด	189.33	8
	<i>Suaeda maritima</i> Dum.(สมุทรสงคราม)	ชะครามใบแดง	ยอด	193.67	5
29	<i>Trianthema decandra</i> L.	ผักเบี้ยทะเล	ยอด (แห้ง)	77.67	8
30	<i>Weddellia biflora</i> (L.) DC.	เบญจมาศทะเล	ดอก	32.00	6

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	EC ₅₀ (µg/ml)	จำนวน active spot (TLC)
31	<i>Xylocarpus granatum</i> Koen.	ตะบูนขาว	เมล็ดใน	5.60	8
			ใบ	29.00	7
	<i>Xylocarpus granatum</i> Koen.	ตะบูนขาว	เปลือกลูก	4.67	10
32	<i>Xylocarpus rumphii</i> (Kostel.) Mabblerley	ตะบัน	เปลือกลูก	3.67	10
			เมล็ด	114.00	5
			กิ่ง	3.67	12
			ใบ	38.67	12
Trolox				3.70	

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxide ของพืชในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	IC ₅₀ (µg/ml)
1	<i>Acanthus ebracteatus</i> Vahl	เหงือกปลาหมอดอกขาว	ใบ	28.998
2	<i>Acanthus illicifolius</i> L.	เหงือกปลาหมอดอกม่วง	เมล็ด	19.186
			เปลือกผล	38.373
			ใบ	12.093
3	<i>Acrostichum aureum</i> L.	ปรงทะเล (สด)	ยอด	28.090
4	<i>Avicennia alba</i> Blume	แสมขาว	ผล	7.909
			ใบ	38.298
			ดอก	6.712
			กิ่ง	12.524
5	<i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh	แสมทะเล	ใบ	23.466
			ดอก	6.774
			กิ่ง	5.677
6	<i>Barringtonia asiatica</i> (L.) Kurz.	จิกทะเล (แห้ง)	ยอด	2.920
7	<i>Bruguiera cylindrica</i> Blume.	ถั่วขาว	ฝัก	23.100

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	IC ₅₀ (µg/ml)
8	<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (L.) Savigny	พังกาหัวสุมดอกแดง	ฝักอ่อน	4.425
			ดอก	4.550
			ใบ	3.625
			กิ่ง	2.825
9	<i>Bruguiera parviflora</i> Wight & Arn.ex Griff.	ถั่วดำ	ฝักอ่อน	0.375
			ใบ	42.600
10	<i>Bruguiera sexangular</i> Poir	พังกาหัวสุมดอกขาว	ฝักอ่อน	4.661
11	<i>Ceriops decandra</i> Ding Hou	โปรงขาว	ฝักอ่อน	2.635
12	<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B. Robinson.	โปรงแดง	ฝักอ่อน	2.646
13	<i>Cissus carnosus</i> Roxb.	เถาวัล (แห้ง)	ผล	weak act.
14	<i>Cordia cochinchinensis</i> Pierre	หมัน	ผล	54.385
15	<i>Cynometra ramiflora</i> L.	มะคะ	เนื้อผล	10.259
			เมล็ดใน	0.8992
16	<i>Derris trifoliata</i> Lour.	ถอบแถบ	ใบ	11.250
17	<i>Flagellaria indica</i> L.	หวายลิง	ยอด (สด)	weak act.
18	<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd.	ฝาดดอกขาว	ใบ	0.199
19	<i>Nypa fruticans</i> Wurm.	จาก	ช่อดอกอ่อน	0.950
			เกสรตัวผู้	16.670
20	<i>Phoenix paludosa</i> Roxb.	เปิง	ยอด (สด)	16.915
21	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume	โกงกางใบเล็ก	ใบ	9.896
			ฝักอ่อน	3.850
			กิ่ง	2.359
22	<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	โกงกางใบใหญ่	ฝักแก่	1.125
			ฝักอ่อน	0.2918
			ใบ	1.975
23	<i>Sonneratia alba</i> J. Smith	ลำพูทะเล	กลีบเลี้ยง	0.840

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	IC ₅₀ (µg/ml)
24	<i>Sonneratia caseolaris</i> (L.) Engl.	ลำพู	ใบ	1.228
			เกสรตัวผู้	1.105
			กลีบเลี้ยง	2.213
			ผล	0.083
25	<i>Sonneratia ovata</i> Back	ลำแพน	ผล	15.485
26	<i>Stenochlaena palustris</i> (Burm.f.) Bedd.	ลำหึ่ง	ยอด (แห้ง)	87.931
			ใบแก่ (แห้ง)	30.052
27	<i>Suaeda maritima</i> Dum.(นครศรีธรรมราช)	ชะคราม	ยอด	28.950
	<i>Suaeda maritima</i> Dum. (สมุทรสงคราม)	ชะครามใบเขียว	ยอด	weak act.
	<i>Suaeda maritima</i> Dum.(สมุทรสงคราม)	ชะครามใบแดง	ยอด	weak act.
28	<i>Trianthema decandra</i> L.	ผักเบี้ยทะเล	ยอด (แห้ง)	8.900
29	<i>Weddelia biflora</i> (L.) DC.	เบญจมาศทะเล	ดอก	8.165
30	<i>Xylocarpus granatum</i> Koen.	ตะบูนขาว	เมล็ดใน	3.250
			ใบ	6.150
			เนื้อเปลือก	1.425
31	<i>Xylocarpus rumphii</i> (Kostel.) Mabblerley	ตะบัน	เปลือกลูก	1.250
			เมล็ด	38.875
			กิ่ง	1.700
			ใบ	1.725
Trolox				9.162

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบฤทธิ์ป้องกันมะเร็งของพืชในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	QR	
				CD ($\mu\text{g/ml}$)	EC ₅₀ (surv)
1	<i>Acanthus ebracteatus</i> Vahl	เหงือกปลาหมอดอกขาว	ใบ	9.5	17.6
2	<i>Acanthus illicifolius</i> L.	เหงือกปลาหมอดอกม่วง	เมล็ด	>10	>20
			เปลือก	>10	>20

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	QR	
				CD ($\mu\text{g/ml}$)	EC ₅₀ (surv)
3	<i>Acrostichum aureum</i> L.	ปรังทะเล (สด)	ยอด	>10	>20
4	<i>Avicennia alba</i> Blume	แสมขาว	ผล	>10	>20
			ใบ	>10	>20
			ดอก	>10	>20
			กิ่ง	>10	>20
5	<i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh	แสมทะเล	ใบ	5	>20
			ดอก	>10	>20
			กิ่ง	>10	>20
6	<i>Barringtonia asiatica</i> (L.) Kurz.	จิกทะเล (แห้ง)	ยอด	>10	>20
			เปลือก	>10	>20
7	<i>Bruguiera cylindrica</i> Blume.	ถั่วขาว	ฝักอ่อน	>10	>20
8	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> (L.) Savigny	พังกาหัวส้มดอกแดง	ฝักอ่อน	2.9	>20
			ดอก	>20	>20
			ใบ	>20	>20
			กิ่ง	>20	>20
9	<i>Bruguiera parviflora</i> Wight & Arn.ex Griff.	ถั่วดำ	ฝักอ่อน	>10	>20
			ใบ	>20	>20
10	<i>Bruguiera sexangular</i> Poir	พังกาหัวส้มดอกขาว	ฝักอ่อน	10.2	>20
11	<i>Ceriops decandra</i> Ding Hou	โปรงขาว	ฝักอ่อน	>10	>20
12	<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B. Robinson.	โปรงแดง	ฝักอ่อน	>10	>20
13	<i>Cissus camosa</i> Roxb.	เถาตัน (แห้ง)	ผล	3.6	>20
14	<i>Cordia cochinchinensis</i> Pierre	หมัน	ผล	>10	>20
15	<i>Cynometra ramiflora</i> L.	มะคะ	เนื้อผล	>10	>20
			เมล็ดใน	>10	>20
16	<i>Derris trifoliata</i> Lour.	ดอบดอบ	ใบ	>10	>20
17	<i>Flagellaria indica</i> L.	หวายลิง	ยอด (แห้ง)	>10	>20
			ยอด (สด)	9.9	>20
18	<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd.	ฝาดดอกขาว	ใบ	>10	>20
			ผล	>20	>20

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	QR	
				CD ($\mu\text{g/ml}$)	EC ₅₀ (surv)
19	<i>Nypa fruticans</i> Wurm.	จาก	ช่อดอกอ่อน	>10	>20
20	<i>Phoenix paludosa</i> Roxb.	เป้ง	ยอด (แห้ง)	8.8	>20
			ยอด (สด)	>20	>20
21	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume	โกงกางใบเล็ก	ใบ	>20	>20
			ฝักอ่อน	>20	>20
			กิ่ง	>20	>20
22	<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	โกงกางใบใหญ่	ฝักแก่	>10	>20
			ฝักอ่อน	>20	>20
			ใบ	>10	>20
23	<i>Sarcolobus globosus</i> Wall.	ห้วลิง	เปลือกผล	>10	>20
			เมล็ด	>10	>20
24	<i>Sonneratia alba</i> J. Smith	ลำพูทะเล	กลีบเลี้ยง	>10	>20
25	<i>Sonneratia caseolaris</i> (L.) Engl.	ลำพู	เกสรตัวผู้	>10	>20
			กลีบเลี้ยง	>10	>20
			ผล	>20	>20
26	<i>Sonneratia ovata</i> Back	ลำแพน	ผล	>10	>20
27	<i>Stenochlaena palustris</i> (Burm.f.) Bedd.	ลำเหิ่ง	ยอด (แห้ง)	>20	>20
			ใบแก่ (แห้ง)	>10	>20
			ยอดอ่อน	>10	>20
28	<i>Suaeda maritima</i> Dum. (นครศรีธรรมราช)	ชะคราม	ยอด	>10	>20
	<i>Suaeda maritima</i> Dum. (สมุทรสงคราม)	ชะครามใบเขียว	ยอด	>20	>20
	<i>Suaeda maritima</i> Dum. (สมุทรสงคราม)	ชะครามใบแดง	ยอด	>20	>20
29	<i>Trianthema decandra</i> L.	ผักเบี้ยทะเล	ยอด (แห้ง)	9.2	>20
30	<i>Weddelia biflora</i> (L.) DC.	เบญจมาศทะเล	ดอก	>20	>20
31	<i>Xylocarpus granatum</i> Koen.	ตะบูนขาว	เมล็ดใน	>10	>20
			เนื้อเปลือก	>20	>20
32	<i>Xylocarpus rumphii</i> (Kostel.) Mabberley	ตะบัน	เปลือกลูก	>20	>20
			เมล็ด	>20	>20

การตรวจสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน ใช้วิธีตรวจหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH เนื่องจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการชราภาพ การทำลายเนื้อเยื่อ โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง (Duh&Yen, 1997.) การที่ร่างกายได้รับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือจับกับอนุมูลอิสระ จะช่วยลดภาวะเสี่ยงต่อโรครดังกล่าว ในการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการนำพืชในป่าชายเลนมาใช้ประโยชน์ทางยา จึงได้เลือกตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxide ซึ่งเป็นฤทธิ์ที่อนุมูลอิสระไปทำลายผนังเซลล์ และฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็ง

การวิเคราะห์ antioxidant อาศัยหลักเกณฑ์ที่ว่า DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) เป็น stable free radical ซึ่งมีสีม่วง แต่ถ้ามี antioxidant จะเปลี่ยน DPPH เป็น 2, 2-diphenyl-2-picrylhydrazine ซึ่งมีสีเหลือง จึงสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงได้ที่ 515 nm และคำนวณหาปริมาณการยับยั้งได้ (Hatano et al., 1988) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การตรวจสอบปริมาณเพื่อหาค่าที่บ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของ DPPH ไปเป็น 2, 2-diphenyl-2-picrylhydrazine ได้ 50% การตรวจสอบพืชทั้งหมดพบว่าที่ EC_{50} น้อยกว่า 10 $\mu\text{g/ml}$ มีถึง 19 ตัวอย่าง และที่ให้ผลดีที่สุดคือ กลีบเลี้ยงของลำพูทะเล (2.57 $\mu\text{g/ml}$) รองลงมาคือ เกสรตัวผู้ของลำพู (2.93 $\mu\text{g/ml}$) เมล็ดในมะคะ (3.33 $\mu\text{g/ml}$) เปลือกลูกและกิ่งตะบัน (3.67 $\mu\text{g/ml}$) ส่วนพืชอื่นที่น่าสนใจคือฝักของพืชหลายชนิดที่ใช้เป็นอาหารมีฤทธิ์แรงได้แก่ ฝักอ่อนถั่วดำ (5.00 $\mu\text{g/ml}$) ฝักอ่อนโปรงขาว (6.38 $\mu\text{g/ml}$) ฝักอ่อนโปรงแดง (6.07 $\mu\text{g/ml}$) ฝักแก้งกา (4.33 $\mu\text{g/ml}$) ฝักอ่อนโกกงาง (3.83 $\mu\text{g/ml}$) จึงน่าจะนำพืชเหล่านี้มาศึกษาหาสารออกฤทธิ์ต่อไป มีรายงานสารซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี ได้แก่สารพวก phenolic compound และ tannin (Hatano et al., 1989; Satoshi & Hara, 1990; Wang, H. et al., 1999). และ β -carotene ซึ่งพบมาในพืชที่มีสีส้ม และเขียว ก็มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Young, 1991) ดังนั้นการที่พืชในป่าชายเลนมี tannin และ polyphenolic มาก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชในป่าชายเลน จึงอาจเนื่องมาจาก tannin และ polyphenol

การทดสอบหาสารซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี TLC ยังพบว่าพืชเหล่านี้มีสารตั้งแต่ 2 - 12 ชนิด เป็นอย่างน้อย จึงน่าจะศึกษาเพื่อจะเป็นลู่ทางนำมาใช้ทั้งภายใน และภายนอก โดยภายนอกอาจจะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชะลอความแก่ เพื่อย่นของผิวหนังได้

การเกิด oxidation ของ lipid โปรตีน และ DNA ในสิ่งมีชีวิต อาจเป็นสาเหตุสำคัญเบื้องต้นในกระบวนการชราภาพ (aging process) และสาเหตุของโรคหลายชนิด ได้แก่เบาหวาน โรคเกี่ยวกับระบบประสาท โรคระบบไหลเวียนของโลหิตและหัวใจ ต้อกระจก และมะเร็ง (Takahashi et al., 1992; Iwatsuki et al., 1995; Wang et al., 1999). พืชในป่าชายเลนหลายชนิดให้ฤทธิ์ที่ดีมี $IC_{50} < 1 \mu\text{g/ml}$ ได้แก่ ฝักอ่อนถั่วดำ (0.375 $\mu\text{g/ml}$) เมล็ดในมะคะ (0.8992 $\mu\text{g/ml}$) ใบฝาดดอกขาว (0.199 $\mu\text{g/ml}$) ช่อจาก (0.950 $\mu\text{g/ml}$) ฝักอ่อนโกกงาง (0.2918 $\mu\text{g/ml}$) ผลลำพู (0.083 $\mu\text{g/ml}$) ซึ่งพืชเหล่านี้รับประทานได้น่าจะได้มีการศึกษาหาสารออกฤทธิ์ต่อไป

เนื่องจากสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มักจะมีฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งด้วย ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทดลองหาฤทธิ์ต้านมะเร็งโดยใช้ quinone reductase induction ในการตรวจสอบ Quinone reductase เป็น phase II enzyme ซึ่งสำคัญในการกำจัดสารก่อมะเร็ง เมื่อร่างกายได้รับสารก่อมะเร็ง (procarcinogens) จะถูกเปลี่ยนแปลงโดย phase I enzyme เช่น cytochrome P-450, anihydroxylase (ANH), aminopyrine-N-demethylase (AMD) เกิด oxidation/reduction หรือ hydrolyses ได้เป็น reactive electrophile ซึ่งจะไปทำให้ DNA เสียหายและก่อมะเร็งได้ แต่ร่างกายก็จะมี phase II enzyme เช่น glutathione-S-transferase, uridine diphosphate-glucuronosyltransferase และ quinone reductase มาทำหน้าที่ detoxify ดังนั้นเพื่อป้องกันการเกิดมะเร็ง จึงต้องได้รับสารซึ่งไปลดการทำงานของ phase I หรือ เพิ่มการทำงานของ phase II enzyme (Van Bladeren, 1993; Pezzuto, 1995). พืชในป่าชายเลนที่ตรวจสอบทั้งหมดมี 57 ตัวอย่างของพืช 32 ชนิด พบว่ามีฤทธิ์ดีคือ ใบเนืองอกปลาหมอดอกขาว (9.5 $\mu\text{g/ml}$) ใบเสมทะเล (5.00 $\mu\text{g/ml}$) ฝักพังกาหัวส้มดอกแดง (3.6 $\mu\text{g/ml}$) ยอดหวายลิง (9.9 $\mu\text{g/ml}$) ยอดเป้ง

(8.5 $\mu\text{g/ml}$) และผักเบี้ยทะเล (9.2 $\mu\text{g/ml}$) ซึ่งพังกาหัวสุมดอกแดงมีฤทธิ์ดีที่สุด จึงได้ดำเนินการศึกษาหาสารออกฤทธิ์ สำหรับหวายลิง ยอดเป้ง และผักเบี้ยทะเลเป็นผักที่มีรสชาติดี จึงนำเสนอส่งเสริมให้รับประทานมากขึ้น จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าพืชในป่าชายเลนมีหลายชนิดที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางยา ควรมีการศึกษาอย่างละเอียดต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

พืชสมุนไพรจากป่าชายเลน 32 ชนิดจำนวน 57 ตัวอย่าง ได้นำ มาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าส่วนใหญ่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแต่ที่มีฤทธิ์ดี ($\text{EC}_{50} < 10 \mu\text{g/ml}$) ได้แก่ ดอกแสมขาว ดอกแสมทะเล ยอดจิกทะเล ผักอ่อนถั่วดำ ผักอ่อนโปรงขาว ผักอ่อนโกงกางใบใหญ่ ใบโกงกางใบใหญ่ ใบผาดดอกขาว ผักแกโกงกาง ผักอ่อนโกงกางใบใหญ่ ใบโกงกางใบใหญ่ กลีบเลี้ยงลำพูทะเล เกสรตัวผู้ลำพู กลีบเลี้ยงลำพู ผลลำพู เมล็ดในตะบูนขาว เปลือกลูกตะบูนขาว เปลือกลูกตะบัน กิ่งตะบัน ซึ่งในจำนวนนี้ พืชที่ให้ผลดีในการต้านการทำลายไขมัน คือ ผักอ่อนถั่วดำ เมล็ดในมะคะ ใบผาดดอกขาว ผักอ่อนโกงกางใบใหญ่ ผลลำพู พืชสมุนไพรเหล่านี้ควรจะศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาสารออกฤทธิ์และพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพต่อไป นอกจากนี้ยังได้ศึกษาหาฤทธิ์ด้านการก่อมะเร็ง พบว่ามีพืชหลายชนิด เช่น ผักพังกาหัวสุมดอกแดง ผลเถาคัน ใบแสมทะเล ซึ่งพืชเหล่านี้ควรมีการศึกษายละเอียด เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไป นอกจากผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ พืชที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระยังเป็นพืชที่อาจนำไปพัฒนาเครื่องสำอาง โดยที่จะช่วยชะลอความแก่ และการทำลายเซลล์ผิวเนื่องจากอนุมูลอิสระที่เกิดจากเมื่อได้รับแสง UVB หรือ pollution ต่าง ๆ ทำให้ผิวดูอ่อนเยาว์ไม่หยابกร้าน

เอกสารอ้างอิง

- เชาวน์ กลิพันธุ์. 2522. ตำราเภสัชศึกษา. สมาคมแพทย์เภสัชกรรมไทยโบราณ, กรุงเทพฯ.
- พัฒน์ สุจำนงค์. 2522. ตำรายาไทย-จีน (ยากกลางบ้าน ยาสมุนไพร ยาแผนโบราณ). สำนักพิมพ์แพรววิทยา, กรุงเทพฯ.
- มูลนิธิหยาดฝน. 2524. การใช้สมุนไพรจากป่าชายเลน. กรีนกรุ๊ป, จังหวัดตรัง.
- โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร. 2524. ตำราประมวลหลักเภสัช, กรุงเทพฯ.
- สมาคมแพทย์แผนโบราณ วัดมหาธาตุฯ. 2523. ตำราเภสัชกรรมไทย แผนโบราณ. โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร, กรุงเทพฯ.
- เสี่ยม พงษ์บุญรอด. 2519. ไม้เทศเมืองไทย. เกษมบรรณกิจ, กรุงเทพฯ.
- Ancerewiz, J., E. Migliavacca, P.A. Carrupt, et al. 1988. Structure-property relationships of rimitazidine derivatives and model compounds as potential antioxidants. *Free Radical Biology & Medicine*. 25 (1):113-20.
- Duh, P.D., G.C. Yen. 1997. Antioxidant activity of three herbal water extract. *Food Chemistry* 60 (4):639-45.
- Hatano, T., E. Edamatsu, M. Hiramatsu, et al., 1989. Effect of the interaction of tannins with co-existing substances. VI. Effects of tannins and related polyphenols on superoxide anion radical, and on 1,1-disphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Chem. Pharm. Bull.* 37(8):2016-21.

- Hatano, T., H. Kagana, T. Yasuhara, T. Okuda. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root, their relative astringency and radical scavenging effects. *Chem. Pharm. Bull* 36:2090-7.
- Iwatsuki, M., E. Komura, E. Nih. 1995. Antioxidant activities of aminophenols against oxidation of methyl linoleate in solution. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 68:620-4.
- Kammasud, N. Synthesis of manganese complexes of curcumin and related compounds as superoxide dismutase mimics. A master thesis, Pharmaceutical Chemistry and Phytochemistry. Faculty of Pharmacy, Mahidol University, 2001.
- Pezzuto, J.M. 1995. Natural product cancer chemopreventive agents, pp 19-44. *In* : J. Armason, R. Mita and J.T. Rome (eds.). *Phytochemistry of medicinal plants*. Plenum Press, New York, U.S.A.
- Prochaska, H.J., A.B. Santamaria. 1988. Direct measurement of NAD(P)H : quinone reductase from cells cultured in microtiter wells: a screening assay for anticarcinogenic enzyme inducers. *Analytical Biochemistry* 169:320-6.
- Prochaska, H.J., A.B. Santamaria, P. Talalay. 1992. Rapid detection of inducers of enzymes that protect against carcinogens. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 89:2394-8.
- Sanchez-Medina, A., K. Garcia-Sosa, F. May-Pat, L.M. Pena-Rodriguez. 2001. Evaluation of biological activity of crude extracts from plants used in Yucatecan traditional medicine. Part I. Antioxidant, antimicrobial and β -glucosidase inhibition activities. *Phytomedicine* 8(2):144-51.
- Satoshi, S., Y. Hara. 1990. Antioxidative activity of the catechin. *Fragrance J.* 24-30.
- Takahashi, M., E. Komura, E. Niki, E. Tanaka. 1992. Action of fatty acid esters of L-ascorbic acid as antioxidants in phosphatidylcholine liposomal membranes. *Bull. Chem. Soc.* 65:679-84.
- Van Bladeren J.J. 1993. Modulation of biotransformation enzymes by nonnutritive dietary factors, PP 163-73. *In* : K.W. Waldeon, I.T. Johnson and G.R. Fenwick (eds.) *Food and cancer prevention : chemical biological aspects*. Bookcraft (Bath), Cambridge's, England.
- Wang, H., M.G. Noir, G.M. Strasburg, et al. 1999. Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanins and their aglycone, cyanidin from tart cherries. *J. Nat. Prod.* 62:294-6.
- Young, A.J., 1991. The photoprotective role of carotenoids in higher plants. *Physiol. Plant.* 83:702-8.

การแยกสารต้านอนุมูลอิสระจากจิกทะเล

Isolation of Antioxidant from *Barringtonia asiatica* Kurz.

สิริมา สอนเล็ก

นันทวัน บุญยะประภัศร

อรรณญา จุติวิบูลย์สุข

วงสฤติย์ จั่วกุล

สนธิ อักษรแก้ว

Sirima Somlek

Nuntavan Bunyaphatsara

Aranya Jutiviboonsuk

Wongsatit Chuakul

Sanit Aksornkoae

Abstract

Preliminary studies of *Barringtonia asiatica* Kurz. on the antioxidant activity with $EC_{50} = 8.93 \mu\text{g/ml}$ and the report on cancer chemopreventive activity of *Barringtonia acutangula* (Ornithine decarboxylase inhibition $IC_{50} = 0.31 \mu\text{g/ml}$) prompted us to carry out the research on the isolation of active compounds. Biological guided separation using DPPH was carried out on the petroleum ether extract of the *Barringtonia asiatica* Kurz. leaves. Compound A was isolated but showed weak activity. The structure elucidation are being performed. The attempts to isolate strong active components (B) failed to receive pure compound. Further separation using HPLC technique is in progress.

Key words: Isolation/Antioxidant/*Barringtonia asiatica*

บทคัดย่อ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบจิก พบว่ามีฤทธิ์ $EC_{50} = 8.93 \mu\text{g/ml}$ และรายงานจากชิดาโกว่า ต้นจิกนามีฤทธิ์ยับยั้ง ornithine decarboxylase ที่ $IC_{50} = 1.31 \mu\text{g/ml}$ จึงได้นำใบจิกทะเลซึ่งเป็นพืชสกุลเดียวกัน มาแยกเพื่อหาสารออกฤทธิ์ โดยใช้ DPPH และ TLC ในการติดตามสารออกฤทธิ์ สกัดแยกได้สาร A ซึ่งมีฤทธิ์อ่อน และอยู่ระหว่างแยกเพิ่มเติมเพื่อนำไปหาสูตรโครงสร้าง ส่วนสาร B ซึ่งอยู่ใน F9 ยังแยกไม่ได้บริสุทธิ์ อยู่ระหว่างดำเนินการแยกต่อไป โดยใช้ HPLC technique.

คำหลัก: การแยกสาร/สารต้านอนุมูลอิสระ/จิกทะเล

คำนำ

จิกทะเลเป็นพืชในวงศ์ Barringtoniaceae มีชื่อพฤกษศาสตร์ว่า *Barringtonia asiatica* Kurz. เป็นไม้ยืนต้น ขนาดใหญ่ขึ้นอยู่ตามชายทะเล ดอกเป็นช่อสีขาว ผลเป็นรูปสี่เหลี่ยม ฐานเว้า ในตำรายาไทยไม่ได้ใช้เป็นสมุนไพรเดี่ยว การศึกษาทั้งทางเคมีและทางเภสัชวิทยามีไม่มากนัก มีรายงานพบสาร Bartogenic acid (Rao, et al., 1981; Rao, et al., 1986) 19-epibartogenic acid, anhydrobartogenic acid (Rao, et al., 1984; Rao, et al., 1985) ส่วนการศึกษาทางเภสัชวิทยามีฉบับเดียวคือการทดสอบฤทธิ์ต้านมาลาเรีย แต่พบว่าไม่ได้ผล (Mistra, et al. 1991)

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่ามี $EC_{50} = 8.93 \mu\text{g/ml}$ (ดูเรื่องฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน) และมีรายงานการทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็งของจิกนาซึ่งเป็นพืชสกุลเดียวกัน พบว่ายับยั้ง ornithine decarboxylase โดยมีค่า $IC_{50} = 0.31 \mu\text{g/ml}$ (ติดต่อบุคคล) จึงทำการศึกษาหาสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อได้สารต้านอนุมูลอิสระแล้ว จะได้ศึกษาฤทธิ์ต้าน lipid peroxidation ของสารที่แยกได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัดแยกจิกทะเล

1.1 การสกัด

สกัดผงใบจิกทะเล (500 กรัม) ด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ ปิโตรเลียมอีเทอร์, คลอโรฟอร์ม, เอทิลอะซิเตต และเมทานอล โดยใช้ soxhlet apparatus นำสารสกัดมาตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant โดยใช้ Thin-layer chromatography ใช้ silica gel G60 เป็น adsorbent และใช้ chloroform-methanol 9:1 และ chloroform-methanol-water 65:35:8 เป็น solvent spray ด้วย 0.2% DPPH (Sanchez-Medina, et al. 2001.)

1.2 การแยกสารออกฤทธิ์

นำ petroleum ether extract ของใบจิกทะเลมาแยกสารที่มีฤทธิ์เป็น antioxidant โดยใช้เทคนิค biological guided separation โดยซึ่งสารสกัดมา 2.0546 g นำมาแยกโดยวิธี flash column chromatography ใช้ silica gel เป็น adsorbent และ elute ด้วย solvent ตามลำดับดังต่อไปนี้ Petroleum ether, Petroleum ether - CHCl_3 (95:5, 90:10, 80:20, 70:30, 50:50), CHCl_3 , CHCl_3 - EtOAc (8:2), EtOAc เก็บ fraction ละ 20 ml

จากนั้นตรวจสอบและรวม fraction ที่เหมือนกัน โดยใช้ thin layer chromatography ใช้ silica gel G60 เป็น adsorbent โดยตรวจสอบ ด้วย TLC ใช้ silica gel G60 เป็น adsorbent และใช้ solvent system ต่างๆ ดังต่อไปนี้ Hexane, Hexane - CHCl_3 (9:1, 1:1) CHCl_3 , CHCl_3 - EtOAc (9:1)

จากการตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วย TLC พบว่า fractions F2 , F7 , F9 , F12 มี active spots จึงนำไปแยกต่อ โดย F2 เมื่อระเหยเอา solvent ออก ได้สาร oily ซึ่งตรวจด้วย TLC ได้ 1 spot นำไปตรวจฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและหาสูตรโครงสร้าง

Fraction 9 (0.0507g.) ซึ่งมีฤทธิ์แรงที่สุด คือสามารถเห็น positive spot ได้ทันทีหลัง spray จึงนำไปแยกด้วย Flash column chromatography ใช้ silica gel G (8g.) เป็น adsorbent ใช้ solvent eluted ตามลำดับดังต่อไปนี้ Petroleum ether, Petroleum ether - CHCl_3 (9:1, 8:2, 7:3, 1:1) โดยเก็บ fraction ละ 20 ml.

Fraction 7 (0.0771g.) นำมาแยกต่อโดยใช้ Flash column chromatography ใช้ silica gel G60 (2g.) เป็น adsorbent ใช้ solvent eluted ตามลำดับดังต่อไปนี้ Petroleum ether - CHCl_3 (9:1, 8:2, 7:3, 1:1), CHCl_3 โดยเก็บ fractions ละ 20 ml.

Fraction 12 อยู่ระหว่างพัฒนา TLC เพื่อให้ได้ solvent system ที่เหมาะสมสำหรับทำ column chromatography

2. ตรวจสอบสารออกฤทธิ์ของ fractions

ตรวจสอบฤทธิ์ของสารสกัดในแต่ละ fraction ด้วยวิธี TLC โดยใช้ solvent system ที่เหมาะสมกับแต่ละ fractions นำ TLC ที่ run แล้วมา spray ด้วยสารละลาย 0.2% ของ DPPH ใน methanol บันทึกผลหลัง spray ภายในเวลา 8 ชั่วโมง โดยสารที่มีฤทธิ์เป็น antioxidant จะเปลี่ยนสีม่วงของ DPPH เป็นสีเหลือง

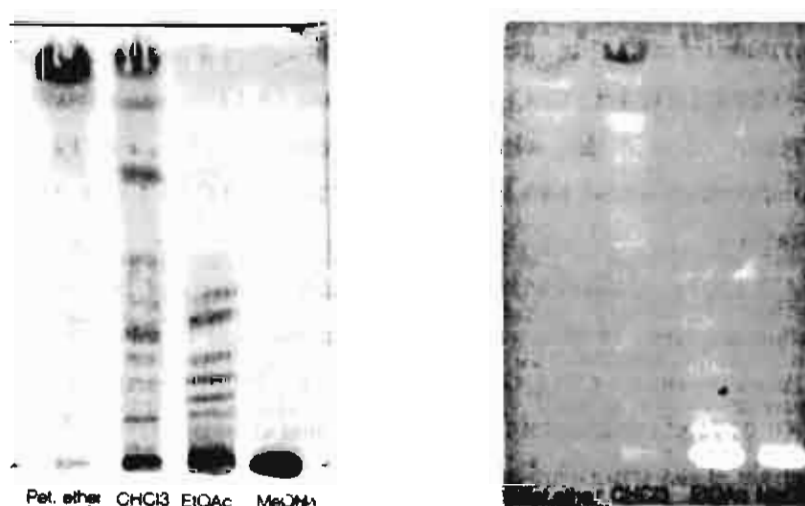
ผลและวิจารณ์ผล

การสกัดแยกจิกทะเล

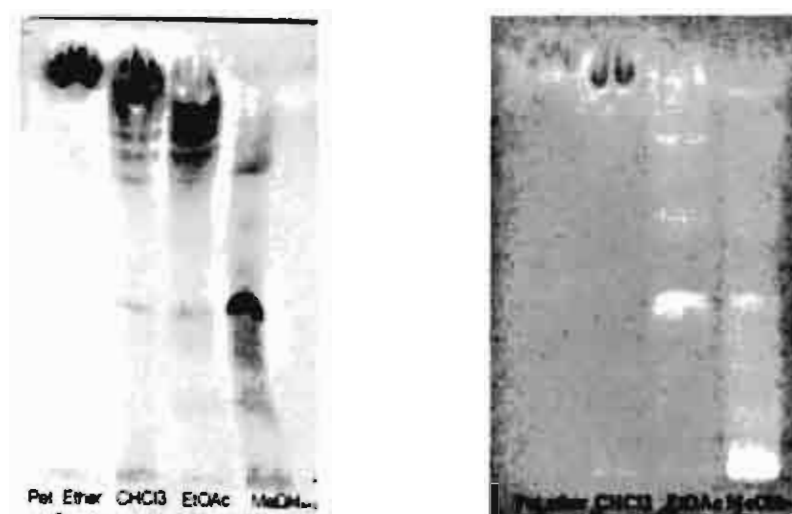
1. การสกัดได้สารสกัด petroleum ether, chloroform, ethyl acetate และ methanol 35.21, 18.43, 4.41 และ 57.04 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำไปตรวจสอบหาสารออกฤทธิ์โดยใช้ thin-layer chromatography และ spray ด้วย DPPH ได้สารออกฤทธิ์ใน petroleum ether, chloroform, ethyl acetate และ methanol ดังรูปที่ 1 และ 2

2. การแยกหาสารออกฤทธิ์โดยใช้ biological guided separation technique โดยศึกษาสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ก่อน เมื่อนำ petroleum ether extract ของใบจิกทะเลมาแยก ได้สารทั้งหมด 16 fractions ดังต่อไปนี้

F1 (0.0931g), F2 (0.1134g)*, F3 (0.0539g), F4 (0.0377g), F5 (0.3463g), F6 (0.3029g), F7 (0.0771g)*, F8 (0.0617g), F9 (0.0507g)*, F10 (0.0644g), F11 (0.464g), F12 (0.2796g)*, F13 (0.0126g), F14 (0.0172g), F15 (0.0806g), F16 (0.2151g) นำไปตรวจด้วย TLC ได้ผลดังรูปที่ 3 -6 และตรวจหา active spot โดย spray DPPH ได้ผลดังรูปที่ 7, 8, 9



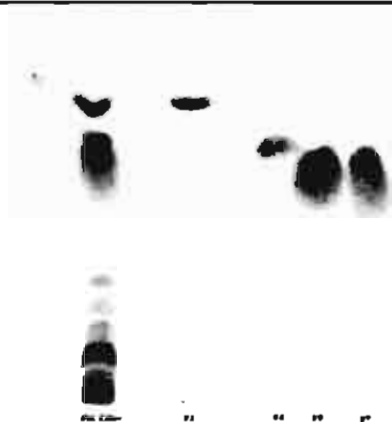
รูปที่ 1 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether , chloroform , ethyl acetate , methanol ของใบจิกทะเล ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform – methanol (9:1) เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid เปรียบเทียบกับเมื่อตรวจสอบฤทธิ์ด้วยการ spray 0.2% DPPH



รูปที่ 2 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether , chloroform , ethyl acetate , methanol ของใบจิกทะเล ใช้ Silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform - methanol - water (65:35 :8) เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid เปรียบเทียบกับเมื่อตรวจสอบฤทธิ์ด้วยการ spray 0.2% DPPH



รูปที่ 3 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 1 - fraction 3 ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent ใช้ hexane เป็น solvent system และตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid

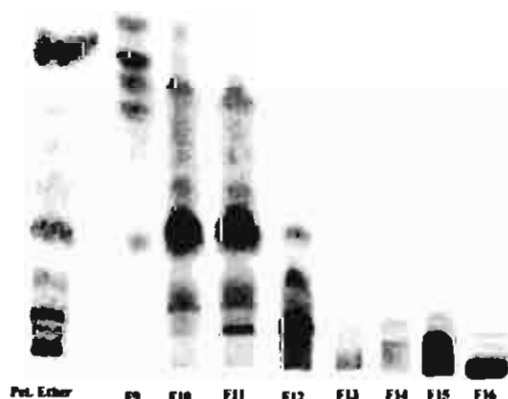


รูปที่ 4 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 3-7 ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform - hexane (1:1) เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid

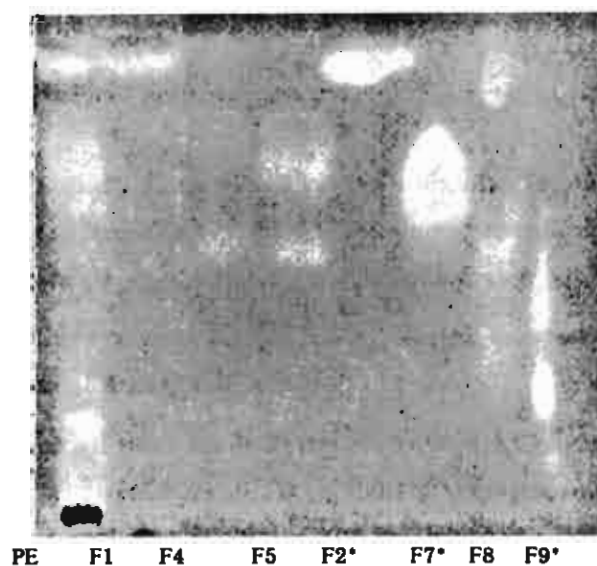


รูปที่ 5 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 7 , fraction 8 ที่ได้จากการแยกด้วย Flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform - hexane (1:1) เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid

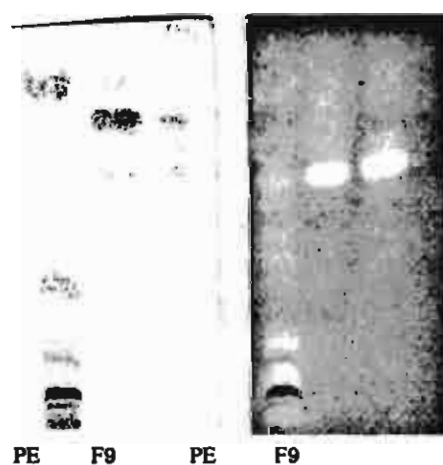
CMC.



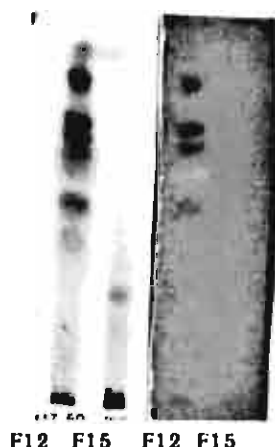
รูปที่ 6 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 9-16 ที่ได้จากการแยกด้วย Flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น Adsorbent และใช้ Chloroform เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% Sulfuric acid



รูปที่ 7 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction ต่างๆ ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform - hexane (1:1) เป็น solvent system ตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วยการ spray 0.2% DPPH



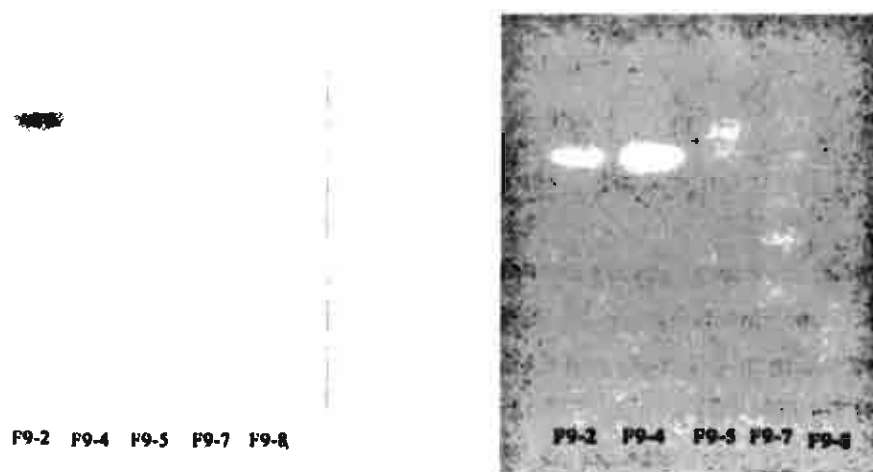
รูปที่ 8 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 9 ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid (รูปซ้าย) และตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วยการ spray 0.2% DPPH (รูปขวา) ซึ่ง positive ทันทีหลัง spray



รูปที่ 9 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 12, 15 ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent ใช้ chloroform : ethyl acetate (9:1) ที่เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid (รูปซ้าย) และตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วยการ spray 0.2% DPPH (รูปขวา) ซึ่ง positive ทันทีหลัง spray

3. Fraction 2 เมื่อนำไประเหยเอาตัวทำละลายออก ได้สารบริสุทธิ์ (A) (0.113g.) เป็นของเหลวเหนียว นำไปตรวจสอบสูตรโครงสร้างโดยวิธี spectroscopy และ พบฤทธิ์ antioxidant อย่างอ่อน และต้องแยกสารเพิ่มจึงไม่สามารถทำได้ทัน

4. นำ fraction 9 ซึ่งเป็น fraction ที่ให้ฤทธิ์แรงที่สุด คือเปลี่ยนสีทันทีเมื่อ spray (รูปที่ 8) จึงนำไปแยกได้ส่วนสกัด 8 fractions ดังต่อไปนี้ F 9-1 (0.002g.) , F9-2* (0.0072g.) , F9-3* (0.0052g.) F9-4* (0.0074g.) , F9-5 (0.0044g.) , F9-6 (0.0061g.) , F9-7 (0.0151g.) , F9-8 (0.0013g.) ดูภาพประกอบที่ 10 ใน fraction F9-4 จะมี active compound (B) อยู่ซึ่งจะต้องทำการแยกต่อไปโดยใช้ HPLC เพื่อให้บริสุทธิ์



รูปที่ 10 Thin layer chromatography ของ fraction 9 ที่ได้จากการนำมาแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid (รูปซ้าย) และตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วยการ spray 0.2% DPPH (รูปขวา)

5. Fraction 7 เมื่อตรวจสอบแต่ละ fraction ด้วย TLC พบว่ามีสารออกฤทธิ์หลายตัวเป็นองค์ประกอบ โดยแต่ละตัวมีปริมาณน้อยและมีฤทธิ์ antioxidant อ่อน จึงไม่ทำการแยกต่อ

6. ส่วน fraction 12 จะได้ทำการแยกต่อไป

จิกทะเล (*Barringtonia asiatica* Kurz) เป็นพืชในสกุลเดียวกับจิกนา (*Barringtonia acutangula*) ซึ่งมีรายงานว่ายับยั้ง Ornithine decarboxylase ซึ่งเป็น enzyme ที่ออกฤทธิ์กระตุ้นการเกิดมะเร็ง ดังนั้นถ้าสารมีฤทธิ์ยับยั้ง enzyme นี้จะยับยั้งการเกิดมะเร็งได้ (Pezzuto, 1995) และเมื่อนำมาตรวจสอบพบว่ามีฤทธิ์ต้านการเกิดอนุมูลอิสระ โดยมี $IC_{50} = 8.93 \mu\text{g/ml}$ จึงได้ส่ง ethyl acetate ไปตรวจสอบ quinone reductase induction พบว่าไม่ได้ผล การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งสกัดแยกสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่านั้น

เมื่อนำสารสกัดมาสกัดแยกโดยใช้ flash column chromatography ได้สาร A ซึ่งบริสุทธิ์ นำไปตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีฤทธิ์อ่อน อย่างไรก็ตามยังคงศึกษาหาสูตรโครงสร้าง อยู่ระหว่างการรอ spectroscopy data

ส่วน fraction อื่นๆ ที่ให้ผลดี คือ fraction ซึ่งมีสาร B ได้พยายามแยกสารซ้ำโดยใช้ column chromatography พบว่ายังได้สาร B ไม่บริสุทธิ์ จำเป็นต้องแยกต่อโดยใช้ HPLC แต่เนื่องจากยังแยกได้น้อยเพียง 7.4 มก. จึงจำเป็นต้องแยกเพิ่มเติม เพื่อหาสูตรโครงสร้างและหาสารออกฤทธิ์ต่อไป

fraction F7 จาก column แรกเมื่อนำไปแยกโดย flash column chromatography ได้สารหลายชนิดซึ่งเดิมซ้อนทับกันอยู่ และพบว่าแต่ละชนิดมีฤทธิ์อ่อนจึงไม่ได้ทำการแยกต่อ

สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากจิกทะเลพบว่ามีฤทธิ์ดีและยังมีฤทธิ์ยับยั้งการก่อมะเร็ง จึงนำไปศึกษาซึ่งเป็นพืชสกุลเดียวกันมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และแยกหาสารออกฤทธิ์ แยกได้สารบริสุทธิ์ ซึ่งมีฤทธิ์อ่อน 1 ชนิด และได้สาร B ซึ่งยังไม่บริสุทธิ์ การวิจัยยังไม่สมบูรณ์ และต้องมีการศึกษาต่อไป เพื่อหาสูตรโครงสร้างและแยกสารอื่นเพิ่มเติม เมื่อการศึกษาสมบูรณ์ จะได้ข้อมูลที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพในเรื่องลดภาวะเสี่ยงต่อโรคหัวใจ และเครื่องสำอาง ซึ่งใช้บำรุงผิว ทำให้ผิวอ่อนเยาว์

เอกสารอ้างอิง

- Misra P., N.L. Pal, P.Y. Guru, J.C. Katiyar, J.S. Tandon. 1991. Antimalarial activity of traditional plants against erythrocytic stages of *Plasmodium berghei*. *Int J Pharmacog.* 29(1):19-23.
- Pezzuto J.M. 1975. Natural product cancer chemoprevention agents. PP 19-45. In : J.T. Amerson, R. Mata and J.T. Romeo (eds.). *Phytochemistry of medicinal plants*. Plenum Press, New York.
- Rao G.S.R.S., S. Prasanna, V.P.S. Kumar, G.R. Mallavarapu. 1981. A new terpene acid from *Barringtonia speciosa*. *Phytochemistry* 20:333-4.
- Rao G.S.R.S., B. Yadagiri, S.N. Rao, G.R. Mallavarapu. 1984. Anhydrobartogenic acid from *Barringtonia speciosa*. *Phytochemistry*. 23(12):2962-3.

- Sanchez-Medina, A., K. Garcia-Sosa, F. May-Pat, L.M. Pena-Rodriguez. 2001. Evaluation of biological activity of crude extracts from plants used in Yacatecan traditional medicine. Part I. Antioxidant, antimicrobial and β -glucosidase inhibition activities. *Phytomedicine* 8(2):144-51.
- Subba Rao G.S.R., S. Prasanna, V.P. Sashi Kumar, B. Yadagiri. 1986. New terpenes from *Barringtonia speciosa* Forst. *Indian J Chem Ser B*. 25(2):113-22.

การแยกสารต้านการเกิดมะเร็งจากพังกาหัวสุมดอกแดง Isolation of Antioxidant from *Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny.

สุดารัตน์ หอมหวาน
นันทวัน บุญยะประภัศร
วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล
สนธิ อักษรแก้ว

Sudarat Homhual
Nuntavan Bunyapraphatsara
Wongsatit Chuakul
Sanit Aksornkoae

Abstract

Preliminary studies indicated that ethyl acetate extract of *Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny exhibited antioxidant ($EC_{50} = 4.425 \mu\text{g/ml}$) and inhibition of quinone reductase induction ($CD = 2.9 \mu\text{g/ml}$) activities. These results prompted us to study on the isolation of active component (s). The antioxidant activity was reconfirmed and found EC_{50} of ethyl acetate and methanol extracts of pods 4.800, 8.333 and of flowers 6.833, 4.933 $\mu\text{g/ml}$, respectively. The powder of pods (600g) was extracted with petroleum ether, chloroform, ethyl acetate and methanol and yielded 2.10, 2.58, 1.53 and 115.02g, respectively. The flower powder was also extracted to yield petroleum ether (19.04g), chloroform (4.88g), ethyl acetate (1.36g) and methanol (119.80g) extracts. TLC analysis of the extracts showed the highest numbers of active compounds in petroleum ether extract, therefore it was selected as priority in this study. The separation of petroleum ether extract was performed by flash column chromatography to yield crude A as active component. However, further purification is needed before submitted for structure elucidation and biological testing.

Key words: Isolation/Antioxidant/*Bruguiera gymnorrhiza*

บทคัดย่อ

การทดสอบเบื้องต้นพบว่า สารสกัดเอทิลอะซิเตตของฝักอ่อนพังกาหัวสุมดอกแดง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า $EC_{50} = 4.425 \mu\text{g/ml}$ และมีฤทธิ์ยับยั้ง quinone reductase induction ($CD = 2.9 \mu\text{g/ml}$) จึงได้นำพังกาหัวสุมดอกแดงมาศึกษาต่อ โดยนำดอกและผลมาศึกษาเพื่อสกัดแยกสารออกฤทธิ์ ทำการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทิลอะซิเตตและเมทานอล ของฝักมี $EC_{50} = 4.800$ และ 8.333 ของดอก 6.833 และ $4.933 \mu\text{g/ml}$ ตามลำดับ จึงนำฝักและดอกไปสกัดโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซิเตต และเมทานอล ได้สารสกัดของฝัก 2.10, 2.58, 1.53 และ 115.02 กรัม และสารสกัดของดอก 19.04, 4.88, 1.36 และ 119.80 กรัม ตามลำดับ การตรวจสอบพบว่าสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ของดอกให้สารออกฤทธิ์มากที่สุดจึงนำไปแยกต่อ จนได้สาร A ซึ่งยังไม่บริสุทธิ์ จะต้องทำการศึกษาต่อไปจนได้สารบริสุทธิ์ ก่อนนำไปหาสูตรโครงสร้าง และหาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่อไป

คำหลัก: การแยกสาร/สารต้านการเกิดมะเร็ง/พังกาหัวสุมดอกแดง

คำนำ

พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny) พืชวงศ์ Rhizophoraceae เป็นสมุนไพรที่พบในป่าชายเลน นับเป็นทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งทะเลที่มีความสำคัญ ทั้งในแง่นำมาใช้สอย เป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ (Jara, 1985) นอกจากนี้ยังใช้เพื่อเป็นอาหาร (Bamrongrugs, 1999) และมีคุณค่าทางยาอีกด้วย การใช้รักษาแบบพื้นบ้าน มีการนำส่วนของฝักรักษาอาการท้องเสีย (Jin, 1989) จากการศึกษาฤทธิ์ทางชีววิทยาพบว่าสารสกัดคลอโรฟอร์มจากเนื้อไม้พังกาหัวสุมดอกแดง มีฤทธิ์ฆ่าแมลง (Yaga et al., 1991) เมื่อนำพืชป่าชายเลนที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหาร มาทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี Free radical scavenging activity test (DPPH Method) ได้ค่า $EC_{50} = 4.425 \mu\text{g/ml}$ และฤทธิ์ป้องกันการเกิดมะเร็ง โดย Quinone reductase induction พบว่าได้ผลดีมีค่า $CD = 2.9$ (ดูเรื่องฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน) ในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการแยกสารที่มีฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง โดยทำการแยกสารสกัด และตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไปพร้อมกัน จนกระทั่งได้สารบริสุทธิ์ ซึ่งจะได้ออกฤทธิ์ cancer chemoprevention ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัด

สกัดผงฝักและดอกแต่ละส่วน ด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือปิโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซิเตต และเมทานอล โดยใช้ผงฝักและดอก จำนวน 600 กรัม

2. การตรวจสอบฤทธิ์การจับอนุมูลอิสระ DPPH (Hatano et al., 1988; Duh and Yen, 1997; Ancerewiz et al., 1988.)

สารสกัดเอทิลอะซิเตตและเมทานอล ของดอกและฝัก ละลายในเมทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เติมน้ำละลาย DPPH ในเมทานอล ความเข้มข้น 1mM จำนวน 200 μl ลงในสารสกัดทุกหลอด ปรับปริมาตรสุดท้ายให้ครบ 3ml นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm เมื่อเวลา 10 นาที คำนวณค่า EC_{50} จากกราฟ

3. การตรวจสอบฤทธิ์จับอนุมูลอิสระ DPPH ด้วยวิธี TLC (Sanchez - Madinal et al., 2001.)

ตรวจสอบสารสกัดโดย run TLC โดยใช้ระบบ solvent system ดังนี้

1. chloroform 100%
2. chloroform : ethyl acetate (7 : 3)
3. chloroform : methanol : acetic acid (8.5 : 1.5 : 0.5)
4. chloroform : methanol : acetic acid (6.5 : 1 : 3)

นำ plate ที่ run TLC แล้ว มา spray ด้วย สารละลาย DPPH ใน methanol ความเข้มข้น 0.2% ทั้งไว้เป็นเวลา 8 ช.ม. บันทึก จำนวน band ที่ออกฤทธิ์

4. การแยกสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์จากส่วนดอก

นำสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ จากส่วนดอกจำนวน 13 กรัม มาแยกโดยใช้ Flash Column ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 x 8.5 เซนติเมตร โดยใช้ Silica gel G60 ขนาดอนุภาค < 0.063 mm จำนวน 150 กรัม ใช้ตัวทำละลายตามลำดับดังนี้ petroleum ether, petroleum ether : chloroform (95 : 5, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20,

60 : 40, 30 : 70, 15 : 85), chloroform, chloroform : ethyl acetate (80 : 20, 60 : 40) และ ethyl acetate โดยเก็บ fraction ละ 100 ml เมื่อระเหยแห้งด้วย Rotary evaporator แล้วทำการตรวจ fraction ด้วย TLC System ดังต่อไปนี้

1. hexane
2. hexane : chloroform (7 : 3, 1 : 1)
3. chloroform
4. chloroform : ethyl acetate (7 : 3)

จากนั้นรวม fractions ที่เหมือนกันได้ทั้งสิ้น 21 fractions ดังรูปที่ 1 และนำไปตรวจสอบด้วย DPPH spray reagent

นำ fraction ที่ 14 ซึ่งมี active spot จำนวน 0.5230 กรัม มาแยกโดยใช้ Flash column เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.7 x 5 เซนติเมตร โดยใช้ Silica gel G60 ขนาดอนุภาค < 0.063 mm จำนวน 45 กรัม ใช้ตัวทำละลายตามลำดับ ดังนี้ chloroform : ethyl acetate (90 : 10) และ ethyl acetate เก็บ fraction ละ 10 ml เมื่อระเหยแห้งด้วย Rotary evaporator แล้วทำการตรวจ fraction ด้วย TLC system คือ chloroform : ethyl acetate (9 : 1) จากนั้นรวม fraction ที่เหมือนกัน

ผลและวิจารณ์ผล

1. การสกัด

ผงฝักและดอกพังกาหัวส้มดอกแดง จำนวน 600 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ ปิโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซิเตต และเมทานอล ได้น้ำหนักของสารสกัดฝัก คือ 2.10, 2.58, 1.53 และ 115.02 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักของสารสกัดดอกคือ 19.04, 4.88, 1.36 และ 119.80 กรัมตามลำดับ

2. การตรวจสอบฤทธิ์การจับอนุมูลอิสระ DPPH

จากการตรวจสอบฤทธิ์จับอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัด เอทิลอะซิเตต และเมทานอล ของส่วนฝักและดอก พบว่า ค่า EC_{50} อยู่ระหว่าง 4.8 – 8.3 $\mu\text{g/ml}$ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ฤทธิ์จับอนุมูลอิสระของสารสกัดพังกาหัวส้มดอกแดง โดยใช้ DPPH method

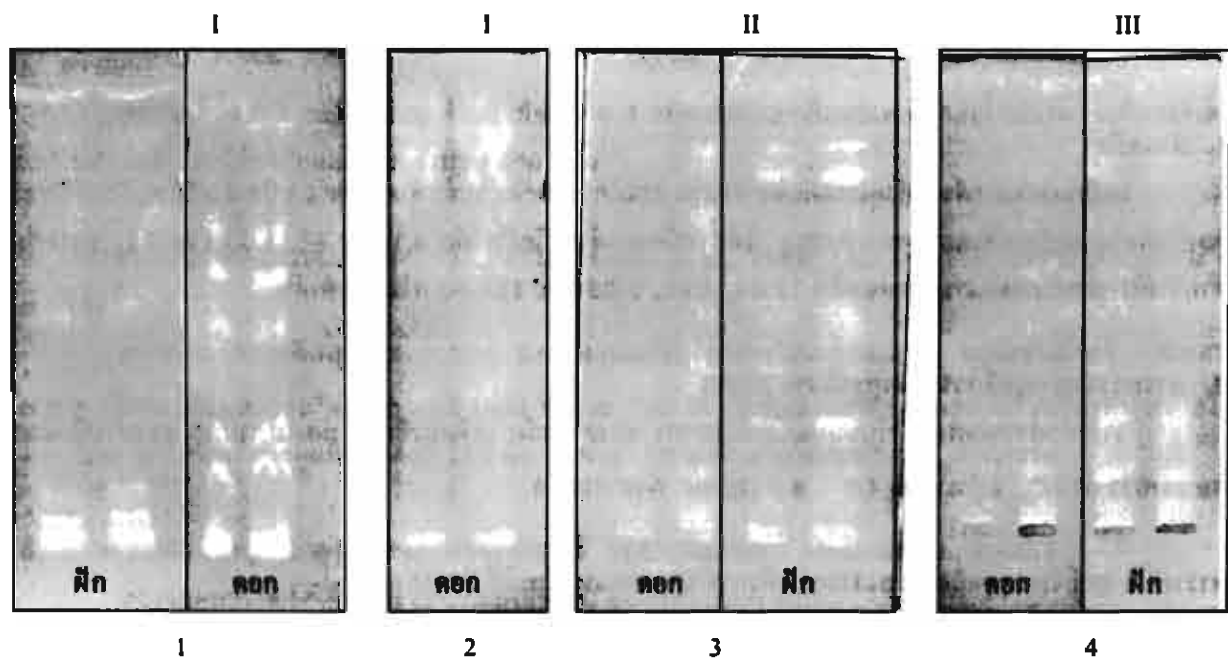
สารสกัด	EC_{50} ($\mu\text{g/ml}$)
เอทิลอะซิเตต	
ฝัก	8.3
ดอก	6.8
เมทานอล	
ฝัก	4.8
ดอก	4.9

3. การตรวจสอบฤทธิ์จับอนุมูลอิสระด้วยวิธี spray TLC

การ spray plate ด้วย 0.2% DPPH ใน methanol ที่เวลา 8 ชั่วโมง พบ spot ที่สามารถฟอกจางสี DPPH จำนวน หลาย band ที่มีฤทธิ์ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ TLC method

สารสกัด	จำนวน band ที่มีฤทธิ์
ฝัก	
· สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์	5
สารสกัดคลอโรฟอร์ม	0
สารสกัดเอทิลอะซิเตต	6
สารสกัดเมทานอล	2
ดอก	
สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์	9
สารสกัดคลอโรฟอร์ม	0
สารสกัดเอทิลอะซิเตต	6
สารสกัดเมทานอล	5



รูปที่ 1 TLC-DPPH ของสารสกัดจากฝัก และดอกพังกาหัวสุมดอกแดง, I = สารสกัด petroleum ether, II= สารสกัด ethyl acetate, III = สารสกัด methanol

Adsorbent : silica gel G60

Mobile phase : 1=chloroform, 2=chloroform:ethyl acetate(7:3),
3=chloroform:methanol:acetic (8.5:1.5:0.5)
4=chloroform:methanol:acetic (6.5:1:3)

Detection : spray 0.2% DPPH in methanol ตรวจผลที่เวลา 8 ชั่วโมง

4. การแยกสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์จากส่วนดอก

สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์จากดอก 13 กรัม แยกโดยใช้ Flash column โดยใช้ Silica gel G60 (< 0.063 mm) elute ด้วยตัวทำละลายตามลำดับดังนี้ petroleum ether, petroleum ether : chloroform, chloroform, chloroform : ethyl acetate และ ethyl acetate เมื่อรวม fraction ที่เหมือนกันได้ 21 fractions ดังนี้ fraction1=0.013, fr2=0.0340, fr3=0.0231, fr4=0.0084, fr5=0.2128, fr6=0.5149, fr7=0.2366, fr8=0.0306, fr9=0.1792, fr10=0.6415, fr11=1.1766, fr12=0.6002, fr13=0.3519, fr14=0.523, fr15=5.6802, fr16=0.5519, fr17=0.6511, fr18=0.1584, fr19=0.3107, fr20=0.2069, fr21=0.4730 และตรวจด้วย TLC ดังรูปที่ 2

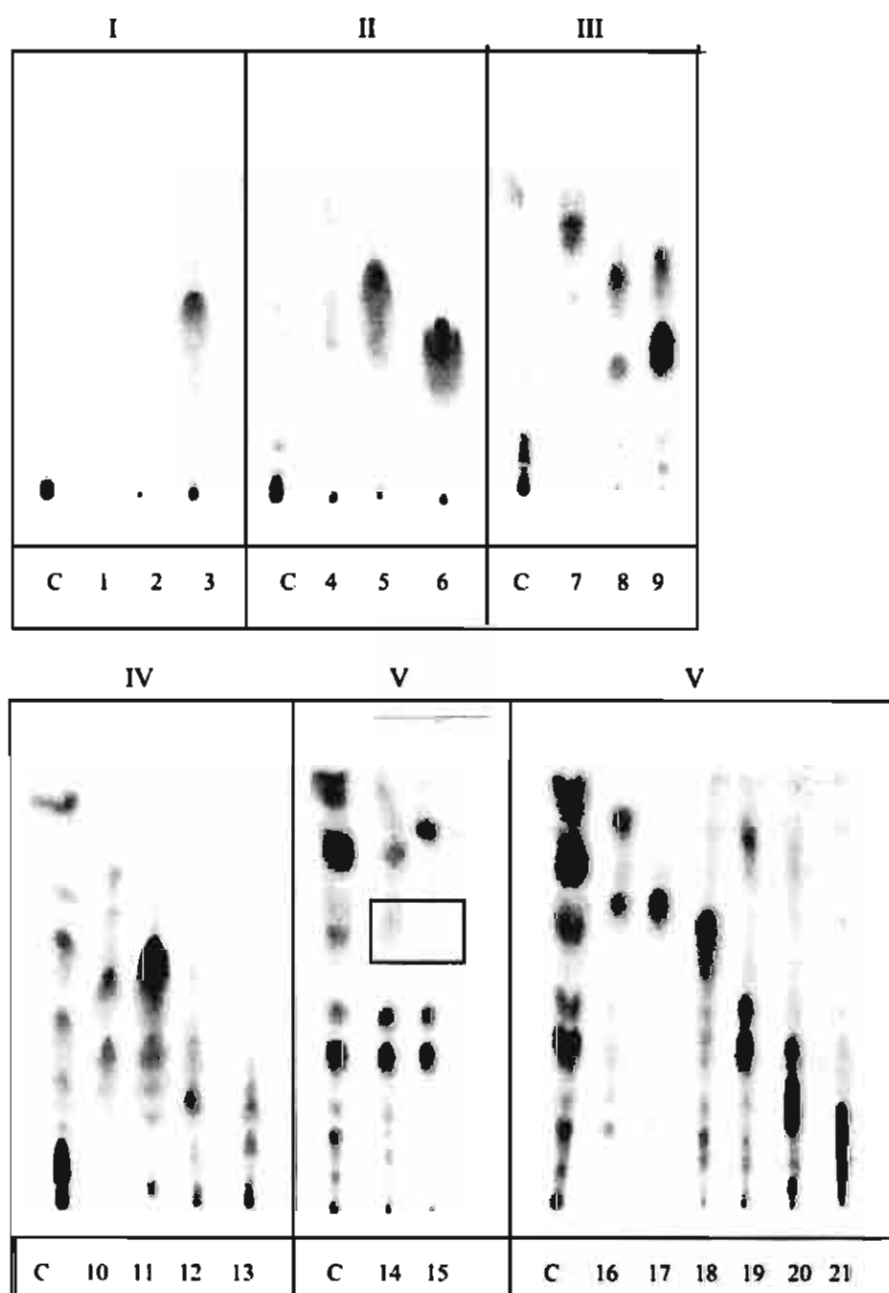
5. การแยก compound A

การตรวจสอบ TLC-spray DPPH พบว่า fraction ที่ 14 ซึ่งมี active compound คือ compound A (รูปที่ 3) จึงนำ fraction ที่ 14 มาแยกโดยใช้ Flash column ใช้ตัวทำละลาย ตามลำดับคือ chloroform : ethyl acetate (90 : 10) และ ethyl acetate เก็บและรวม fraction ได้ทั้งสิ้น 5 fraction (fr1=0.0616, fr2=0.1360, fr3=0.1100, fr4=0.0352, fr5=0.1706) ใน fraction ที่ 3 และ 4 เมื่อตรวจสอบด้วย TLC system (chloroform : ethyl acetate 9 : 1) พบ crude compound A ดังรูปที่ 4 ซึ่งยังไม่บริสุทธิ์

การทดสอบฤทธิ์ด้านการเกิดมะเร็งของผักพังกาหัวสุมดอกแดงโดยใช้ Quinone reductase induction พบว่า $CD = 2.9$ ซึ่งนับว่ามีฤทธิ์ที่ดี จึงได้นำมาสกัดแยกเพื่อหาสารออกฤทธิ์ เนื่องจากการทดสอบฤทธิ์ด้านมะเร็งต้องส่งไปที่ชีวเคมีไม่สะดวกในการใช้ผลการทดสอบในการนำทางสกัดแยก จึงใช้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งง่ายและสามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการของคณะเภสัชศาสตร์ มีผู้ศึกษาพบว่าอนุมูลอิสระ หรือ free radical เป็นตัวก่อมะเร็ง (carcinogen) ดังนั้นสารที่ยับยั้งการเกิด free radical หรือทำลาย free radical จะเป็นผลให้ภาวะเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลดลง (Pezzuto, 1995) ดังนั้นการทดสอบเบื้องต้นในการใช้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จึงสามารถใช้ผลเชื่อมโยงไปยังฤทธิ์ด้านการเกิดมะเร็งได้ ซึ่งจะเห็นได้จากการศึกษาครั้งนี้ได้มีการส่งสารสกัดเอทิลอะซิเตตของผักและดอกของพังกาหัวสุมดอกแดงไปทดสอบฤทธิ์ด้านการเกิดมะเร็ง เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีฤทธิ์ดีเช่นกัน คือ ผักมีค่า $EC_{50} = 8.3 \mu\text{g/ml}$ ในขณะที่ดอกมีค่า $EC_{50} = 6.8 \mu\text{g/ml}$

การศึกษาหาสารออกฤทธิ์ได้ทดลองโดยนำสารสกัดมาแยกส่วนตาม polarity ได้สารสกัด 4 ชนิดคือ สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซิเตต และเมทานอล ของดอกและผัก เมื่อนำไปตรวจสอบพบว่าปิโตรเลียมอีเทอร์ของดอกให้สารออกฤทธิ์มากที่สุด คือ 9 ชนิด (ดูตารางที่ 2) จึงเลือกสกัดแยกสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ของดอกก่อน

เมื่อนำมาสกัดแยกโดยใช้ flash column chromatography แยกส่วนสกัดได้ 21 fractions เมื่อตรวจสอบด้วย DPPH spray พบว่า fraction ที่ 14 ให้สารออกฤทธิ์แรก จึงได้พยายามนำไปแยกต่อ โดยนำไปแยกด้วย column chromatography ซ้ำอีกครั้ง และปรับสัดส่วนของ solvent ใน eluent เมื่อตรวจ fraction ที่ได้ พบว่ายังคงไม่ได้สารบริสุทธิ์จึงจำเป็นต้องมีการแยกต่อไปโดย High pressure liquid chromatography และเมื่อได้สารบริสุทธิ์จะได้นำไปตรวจสอบฤทธิ์ของเภสัชวิทยาอย่างละเอียดต่อไป

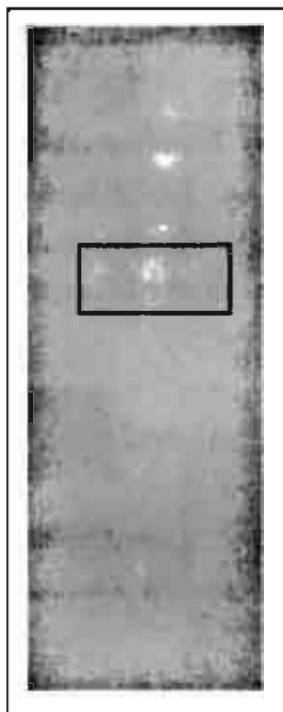


รูปที่ 2 TLC ของ fractionรวมจาก Flash column1 สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ดอกฟ้าหัวส้ม

Adsorbent : silica gel G60

Mobile phase : I = hexane, II = hexane:chloroform(7:3),
III = hexane:chloroform(1:1), IV = chloroform,
V = chloroform:ethyl acetate(7:3), C=crude

Detection : spray 30% sulfuric in methanol อบ 110 องศา 10 นาที

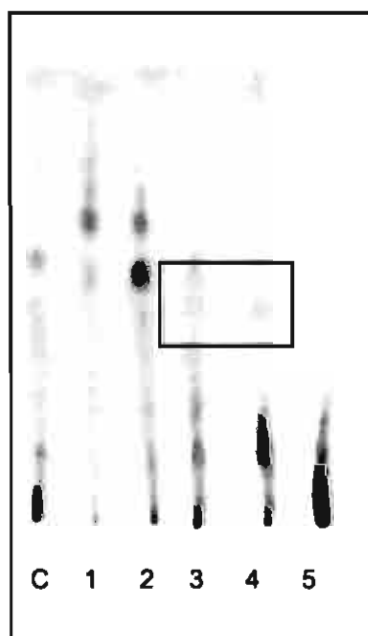


รูปที่ 3 TLC ของ fraction ที่ 14 จาก Flash Column 1

Adsorbent : silica gel G60

Mobile phase : chloroform : ethyl acetate (7:3)

Detection : spray 0.2% DPPH in methanol ที่เวลา 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4 TLC ของ fractionรวมจาก Flash column2 สารสกัดบีโตรเลียมอีเทอร์ดอกพังกาหัวส้ม

Adsorbent : silica gel G60

Mobile phase : chloroform:ethyl acetate(9:1), C=crude

Detection : spray 30% sulfuric in methanol อบ 110 องศา 10 นาที

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาพบว่าผักพังกาหัวส้มดอกแดง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการก่อมะเร็งที่ดี จึงนำมาศึกษาวิจัยเพื่อหาสารออกฤทธิ์ แยกได้สารออกฤทธิ์ A ซึ่งยังไม่บริสุทธิ์ จำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไปเพื่อนำไปหาสูตรโครงสร้างและแยกสารออกฤทธิ์อื่นๆ ผลการศึกษาเมื่อสมบูรณ์จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพในการป้องกันโรคหลอดเลือดอุดตันและมะเร็ง นอกจากนี้ยังอาจนำไปผลิตเครื่องสำอางในการชะลอความแก่ของเซลล์ผิว ทำให้ผิวดูอ่อนเยาว์อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Ancerewiz, J., E. Migliavacca, P.A. Carrupt, et al. 1988. Structure-property relationships of rimitazidine derivatives and model compounds as potential antioxidants. *Free Radical Biology & Medicine*. 25 (1):113-20.
- Bumroongrugs N. 1999. Bioactive substances from the mangrove resource. *Songklamakar J Sci Technol* 21(3):377-386.
- Duh, D.P., G.C. Yen. 1997. Antioxidant activity of three herbal water extract. *Food Chemistry* 60 (4):639-45.
- Hatano, T., H. Kagana, T. Yasuhara, T. Okuda. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root, their relative astringency and radical scavenging effects. *Chem. Pharm. Bull* 36:2090-7.
- Jara, RS. 1985. Traditional uses of the mangrove in the Philippines. In : Field, C.D and A.J. Darthanll. eds. *Mangrove Ecosystems of Asia and the Pacific*, Proceeding of the Research for Development Seminar. Australia Committee for Mangrove Research. Townsville, Australia 18-25 May 1985.
- Jin, S.S. 1989. Mangrove Resource along China. In : International conference on Mangrove, Abstract. UNESCO. Okinawa, Japan. 1-5 Dec. 1989.
- Pezzuto JH. 1995. Natural product cancer chrmopreventive agents. In : *Phytochemistry of Medicinal Plats*. T. Armason, R. Mita and J.T. Rome (eds.). Plenum Press, New York.
- Sanchez-Medina, A., K. Garcia-Sosa, F. May-Pat, L.M. Pena-Rodriguez. 2001. Evaluation of biological activity of crude extracts from plants used in Yacatecan traditional medicine. Part I. Antioxidant, antimicrobial and β -glucosidase inhibition activities. *Phytomedicine* 8(2):144-51.
- Yaya, S., K. Kinio., E.C. Fernzdez., J.V. Zerudo and S.A. Castillo. 1991. The termite resistance of Okinawa timbers X. Termiticidal substances from *Bruguiera gymnorhiza*. *Mokuzai Gakkzishi*

การวิจัยสวนป่าชายเลนด้านสิ่งแวดล้อม

สารอาหาร และความสมบูรณ์ชายฝั่ง



บทบาทของสวนป่าชายเลนต่อความอุดมสมบูรณ์ของชายฝั่งทะเลบริเวณปากนคร จังหวัดนครศรีธรรมราช

Roles of Mangrove Plantation in Supporting Coastal Fertility of Pak Nakhon Coastal Area, Nakhon Si Thammarat Province

สุริยันท์ สารมุล
กัลยา วัฒยากร

Suriyan Saramul
Gullaya Wattayakorn

Abstract

Nutrient exchange between mangrove plantation and coastal water was conducted at mangrove plantation located at the Mangrove Research and Conservation Station Unit 2, Nakhon Si Thammarat Province between November 17-19, 2001 for 2 tidal cycles. It was found that dissolved organic nitrogen, phosphate and silicate were transported out from the mangrove plantation to Pak Phanang Bay while nitrate+nitrite, ammonia, dissolved inorganic nitrogen and organic phosphorus were transported into the plantation from the Pak Phanang Bay. Salt and suspended solid fluxes were found to be 4.0×10^5 and 5.34×10^6 kilogram per day and show a similar trend to the water discharge, which was found to be 1.78×10^3 (landward direction) cubic meter per day. The findings indicate the importance of mangrove forest as nutrient source for phytoplankton growth as well as in supporting coastal fisheries nearby.

Key words: Nutrient exchange/Mangrove plantation/Coastal fertility

บทคัดย่อ

ศึกษาการแลกเปลี่ยนฟลักซ์ของสารอาหารระหว่างแปลงปลูกป่าชายเลน และน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณปากคลองปากนคร จ.นครศรีธรรมราช โดยทำการเก็บข้อมูล 2 วัฏจักรน้ำขึ้น-น้ำลง ระหว่างวันที่ 17-19 เดือนพฤศจิกายน 2544 ผลการศึกษาพบว่า อินทรีย์ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, ซิลิเกต มีทิศไหลจากอ่าวปากพนังเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน ส่วนแอมโมเนีย, ไนเตรต - ไนไตรท์, อนินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ฟอสฟอรัส มีทิศไหลจากแปลงปลูกป่าชายเลนสู่อ่าวปากพนัง สำหรับฟลักซ์ของเกลือและตะกอนแขวนลอยมีค่า 4.0×10^5 และ 5.34×10^6 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีการพัดจากอ่าวปากพนังเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน ซึ่งมีทิศเช่นเดียวกับอัตราการไหลของน้ำสุทธิ ที่มีค่า 1.78×10^3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน การศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของป่าชายเลนในการเป็นแหล่งอาหารของประชาคมแพลงก์ตอนพืช และต่อความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งใกล้เคียง

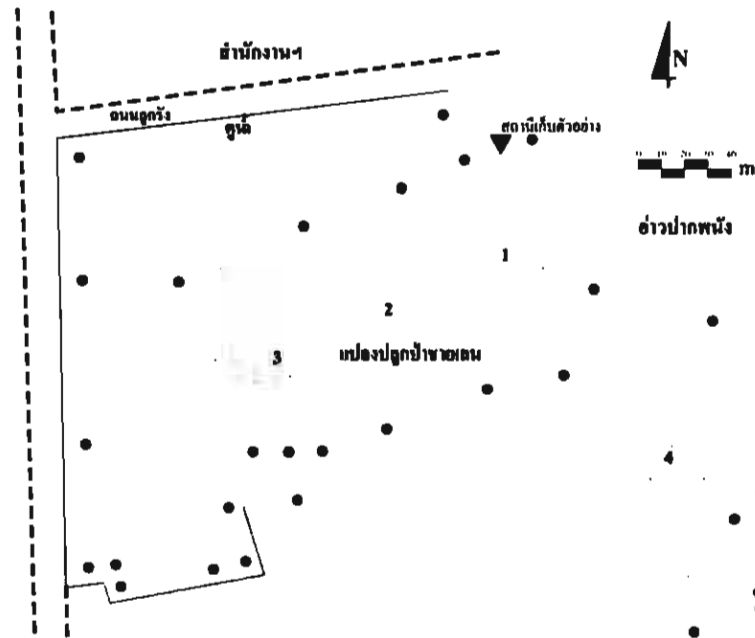
คำหลัก: การแลกเปลี่ยนธาตุอาหาร/สวนป่าชายเลน/ความอุดมสมบูรณ์ชายฝั่ง

คำนำ

ป่าชายเลนในจังหวัดนครศรีธรรมราชบริเวณอ่าวปากพนังมีพื้นที่ทั้งหมด 71,212 ไร่ ซึ่งถูกนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เมื่อประสบความล้มเหลวเนื่องจากโรคระบาดและสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลง เกษตรกรผู้มีทุนน้อยมักต้องทิ้งนาให้ร้าง ซึ่งกรมป่าไม้ได้เข้ามาดำเนินการฟื้นฟูสภาพพื้นที่นาทุ่งร้างเหล่านั้นด้วยการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทดแทน เพื่อให้เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำต่างๆ ต่อไป บริเวณหมู่ 1 ตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นบริเวณหนึ่งที่มีนาทุ่งร้างที่ได้รับการแก้ไขฟื้นฟูสภาพด้วยการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทดแทน โดยอยู่ในความดูแลรับผิดชอบของสถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช พื้นที่แปลงทดลองทั้งหมดประมาณ 30 ไร่ อยู่ในบริเวณของสถานีวิจัยฯ ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านตะวันตกของอ่าวปากพนัง บริเวณบ้านปากนครบน ตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยพันธุ์ไม้ที่ปลูกได้แก่ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) ถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) ตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) โปรงแดง (*Ceriops tagal*) จาก (*Nypa fruticans*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorhiza*) เป็นต้น พันธุ์ไม้ชายเลนที่ปลูกในปัจจุบันมีอายุประมาณ 5 ปี (จิโรจน์ ธีรธนาธร, 2544) พื้นที่ทดลองแบ่งออกเป็น 4 แปลง (รูปที่ 1) คณะผู้วิจัยได้เลือกแปลงปลูกป่าชายเลนหมายเลข 1 ซึ่งมีพื้นที่ป่าประมาณ 3.5 ไร่ เป็นพื้นที่ทำการศึกษากการแลกเปลี่ยนของสารอาหารระหว่างอ่าวปากพนังและแปลงปลูกป่าชายเลน โดยแปลงปลูกป่าชายเลนจะมีคูน้ำล้อมรอบเพื่อเป็นเส้นทางให้น้ำทะเลไหลเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลนที่อยู่ลึกเข้าไปได้ น้ำทะเลจะไหลเข้าสู่แปลงทดลองในช่วงเวลาน้ำขึ้น ส่วนในช่วงน้ำลงน้ำทะเลบางส่วนจะไหลออกจากแปลงทดลองกลับสู่ทะเลอ่าวปากพนัง

สภาพการขึ้นลงของระดับน้ำบริเวณอ่าวปากพนัง จะได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของระดับน้ำในทะเล และจากอิทธิพลการไหลของน้ำต้นทุนจากแม่น้ำต่างๆ โดยการขึ้นลงของน้ำทะเลในบริเวณนี้จะมีลักษณะเป็นแบบน้ำผสม (Mixed tide) จากการศึกษโดยวิเคราะห์ระดับน้ำขึ้นน้ำลงโดยวิธีเชิง Non-harmonic ที่สถานีปากนคร และสถานีปากพนัง พบว่า ที่ปากนครระดับน้ำสูงสุด 1.45 - 1.58 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ส่วนที่ปากพนังระดับน้ำสูงสุด 1.44 - 1.23 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง สำหรับการกระจายรายเดือนของลักษณะ non-harmonic ของการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลที่สถานีปากนคร และปากพนัง พบว่า ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ระดับน้ำจะสูงสุดและต่ำสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม โดยมีระดับน้ำต่างกันประมาณ 0.40 - 0.50 เมตร (กรมชลประทาน, 2537)

การไหลเข้าออกของน้ำทะเลผ่านป่าชายเลนในแต่ละวัน เป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่งในการนำเข้าและส่งออกสารอาหารในโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการย่อยซากใบไม้ กิ่ง ก้านของไม้ชายเลนที่ตกทับถมกันอยู่ในบริเวณป่าชายเลนออกสู่ทะเลชายฝั่ง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการแลกเปลี่ยนของสารอาหารในโตรเจนและฟอสฟอรัสระหว่างแปลงปลูกป่าชายเลนบริเวณบ้านปากนครและอ่าวปากพนัง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินศักยภาพของสวนป่าชายเลนต่อความอุดมสมบูรณ์ของน้ำทะเลชายฝั่งต่อไป



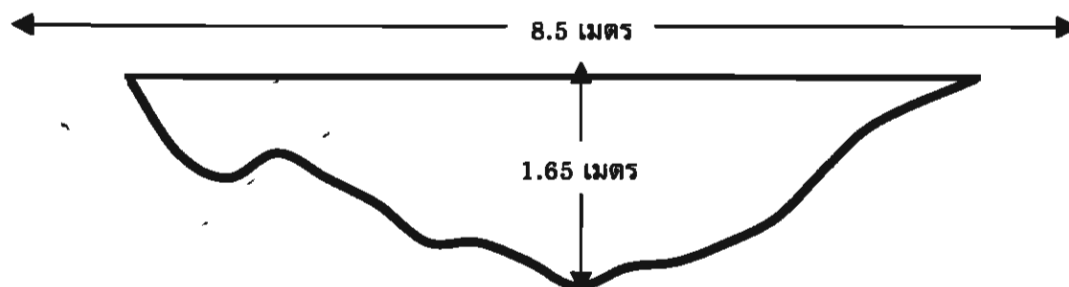
รูปที่ 1 แปลงปลูกป่าชายเลน บริเวณสถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาหลักการนำเข้าและส่งออกของสารอาหารและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากคลอง ณ สถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 2 บ้านปากนครบน ตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (พิกัด $8^{\circ} 28.728' N$, $100^{\circ} 03.633' E$) ดำเนินการศึกษาในเดือนพฤศจิกายน 2544 โดย

1. ทำการวัดพื้นที่ภาคตัดขวางของปากคลอง บริเวณสถานีวิจัยฯ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทำ sounding

วัดระดับความลึกของน้ำด้วยตัมถ่วงน้ำหนัก วัดความเร็วของกระแสน้ำโดย flow meter วัดอุณหภูมิ และความเค็ม ด้วยเครื่อง Salinity-Temperature Meter Model 30 (YSI) และวัดตะกอนแขวนลอยด้วยเครื่อง Suspended Solids meter ตลอดจนเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารอาหารไนโตรเจน, ฟอสฟอรัสและซิลิเกต ตามวิธีของ Strickland & Parsons (1972) โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนครบสองรอบวัฏจักรน้ำขึ้น-น้ำลง เป็นเวลา 50 ชั่วโมง โดยในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังกล่าวเพียงระดับความลึกเดียว เนื่องจากเป็นคลองที่มีความลึกไม่มาก



รูปที่ 2 ภาคตัดขวางบริเวณปากคลอง และระดับความลึกของจุดเก็บตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการศึกษาถึงพลวัตรการนำเข้าและส่งออกของสารอาหารและตะกอนแขวนลอยระหว่างอ่าวปากพนังและแปลงปลูกป่าชายเลนของสถานีวิจัย ซึ่งจะเป็นการแลกเปลี่ยนสารอาหารโดยตรงระหว่างป่าชายเลนและอ่าวปากพนัง

นำข้อมูลพื้นที่ภาคตัดขวางของลำน้ำและความเร็วของกระแสที่วัดได้มาคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำในแต่ละชั่วโมงที่ทำการตรวจวัด จากนั้นจึงนำค่าอัตราการไหลของน้ำที่ได้ไปคำนวณหาพลวัตรของเกลือ พลวัตรของตะกอนแขวนลอย และ พลวัตรของสารอาหาร ตามวิธีของ Kjerfve *et al.* (1981) ต่อไป

ผลและวิจารณ์ผล

ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นเดือนที่ทำการศึกษานี้พบว่า น้ำขึ้นน้ำลงบริเวณปากคลองที่ทำการเก็บข้อมูลมีเรณัจน้ำอยู่ที่ 1.05 - 1.11 เมตร ซึ่งตรงกับการศึกษาของกรมชลประทาน (2537) ที่กล่าวไว้ว่า ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม จะมีระดับน้ำสูงสุด จึงทำให้เรณัจน้ำสูงตามไปด้วย และต่ำสุด (เรณัจน้ำต่ำ) ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งตรงกับการศึกษาพลวัตรของสารอาหาร บริเวณปากคลองปากนคร ในเดือนตุลาคม 2543 และเดือนเมษายน 2544 โดยพบว่าบริเวณดังกล่าว มีเรณัจน้ำอยู่ที่ 0.5 และ 0.8 เมตร ตามลำดับ และจากการทำ Harmonic analysis ของข้อมูลที่เก็บได้ในเดือนพฤศจิกายน 2544 นี้ โดยใช้ tidal component จำนวน 4 ตัว คือ M_2 , S_2 , K_1 และ O_1 ซึ่งมีคาบไม่เกิน 24 ชั่วโมง พบว่า ได้ค่า F-ratio เท่ากับ 0.28 ซึ่งตัวเลขดังกล่าวบอกให้ทราบว่า น้ำขึ้นน้ำลงในบริเวณดังกล่าวเป็นแบบน้ำผสมเด่นไปทางน้ำคู่ ซึ่งตรงกับรายงานของกรมชลประทาน (2537)

ผลการศึกษาอัตราการไหลสุทธิของน้ำ พลวัตรของเกลือ และพลวัตรของสารอาหารในเดือนพฤศจิกายน 2544 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อนำข้อมูลพลวัตรของเกลือสุทธิ พลวัตรของสารอาหาร (เช่น ไนเตรต และ ฟอสเฟต) และ ตะกอนแขวนลอยมาพลอตเทียบกับเวลาใน 2 รอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง ได้ผลดังรูปที่ 3 จะเห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลสุทธิของน้ำคือ น้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่งในเดือนพฤศจิกายนถือว่าเป็นช่วงเดือนที่ระดับน้ำบริเวณอ่าวปากพนังมีค่าสูงสุดในรอบปี จึงทำให้น้ำจากอ่าวปากพนังไหลเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน แต่ในช่วงเวลาเดือนอื่น ๆ จะมีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่แปลงปลูกป่าน้อยมาก อันอาจเนื่องมาจากคลองที่นำน้ำเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลนอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลจึงทำให้มีปริมาณน้ำไหลเข้ามาในคลองและไหลสู่แปลงปลูกป่าชายเลนเป็นปริมาณมากในเดือนพฤศจิกายนดังกล่าว

อัตราการไหลสุทธิของน้ำบริเวณแปลงปลูกป่าชายเลน สถานีวิจัย ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544 มีค่าพลวัตรสุทธิ 1.78×10^3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีทิศไหลจากอ่าวปากพนังสู่แปลงปลูกป่าชายเลน พลวัตรสุทธิของเกลือ, แอมโมเนีย, ไนเตรต + ไนไตรท์, อนินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, อินทรีย์ฟอสฟอรัส, ซิลิเกต, ฟอสฟอรัสแขวนลอย, และตะกอนแขวนลอยในช่วงเดือนดังกล่าว มีค่า 4.00×10^3 , 1.36, 9.47×10^{-3} , 1.37, 4.12×10^{-2} , 2.90×10^{-1} , 7.35×10^{-3} , 3.18, 5.34×10^6 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ โดยแอมโมเนีย, ไนเตรต + ไนไตรท์, อนินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ฟอสฟอรัส มีทิศไหลออกจากแปลงปลูกป่าชายเลนสู่อ่าวปากพนังทั้งหมด ส่วนเกลือ, อินทรีย์ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, ซิลิเกต และตะกอนแขวนลอย มีทิศไหลจากอ่าวปากพนังเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน

จากข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลงของกรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (กรมอุทกศาสตร์, 2544 และกรมอุทกศาสตร์, 2545) พบว่าพื้นที่แปลงปลูกป่าชายเลนดังกล่าว ใน 1 ปีจะมีส่วนที่น้ำท่วมถึงเพียง 52 วัน เท่านั้น ดังนั้นถ้าเราคิดพลวัตรของสารอาหารในรอบปีจะได้ค่าดังตารางที่ 2 และเมื่อพิจารณาถึงพลวัตรของสารอาหารที่ส่งผ่านเข้าออกระหว่างแปลงปลูกป่าชายเลน บริเวณสถานีวิจัย คิดเป็นพลวัตรต่อพื้นที่ของแปลงปลูกป่า และต่อพื้นที่ป่าชายเลนทั้ง

หมดบริเวณอ่าวปากพนังในรอบ 1 ปี จะได้ ฟลักซ์ของเกลือ และสารอาหารดังตารางที่ 2 สารอาหารเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อประชาคมแพลงก์ตอนพืช ตลอดจนทรัพยากรสิ่งมีชีวิตอื่นในอ่าวปากพนัง ดังนั้นหากมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณอ่าวปากพนังให้อุดมสมบูรณ์ จะส่งผลให้ระบบนิเวศชายฝั่งสมบูรณ์ตามไปด้วย

ตารางที่ 1 อัตราการไหลสุทธิของน้ำ (Q), ฟลักซ์สุทธิของเกลือ, และฟลักซ์สุทธิของสารอาหารในเดือนพฤศจิกายน 2544 บริเวณสถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช

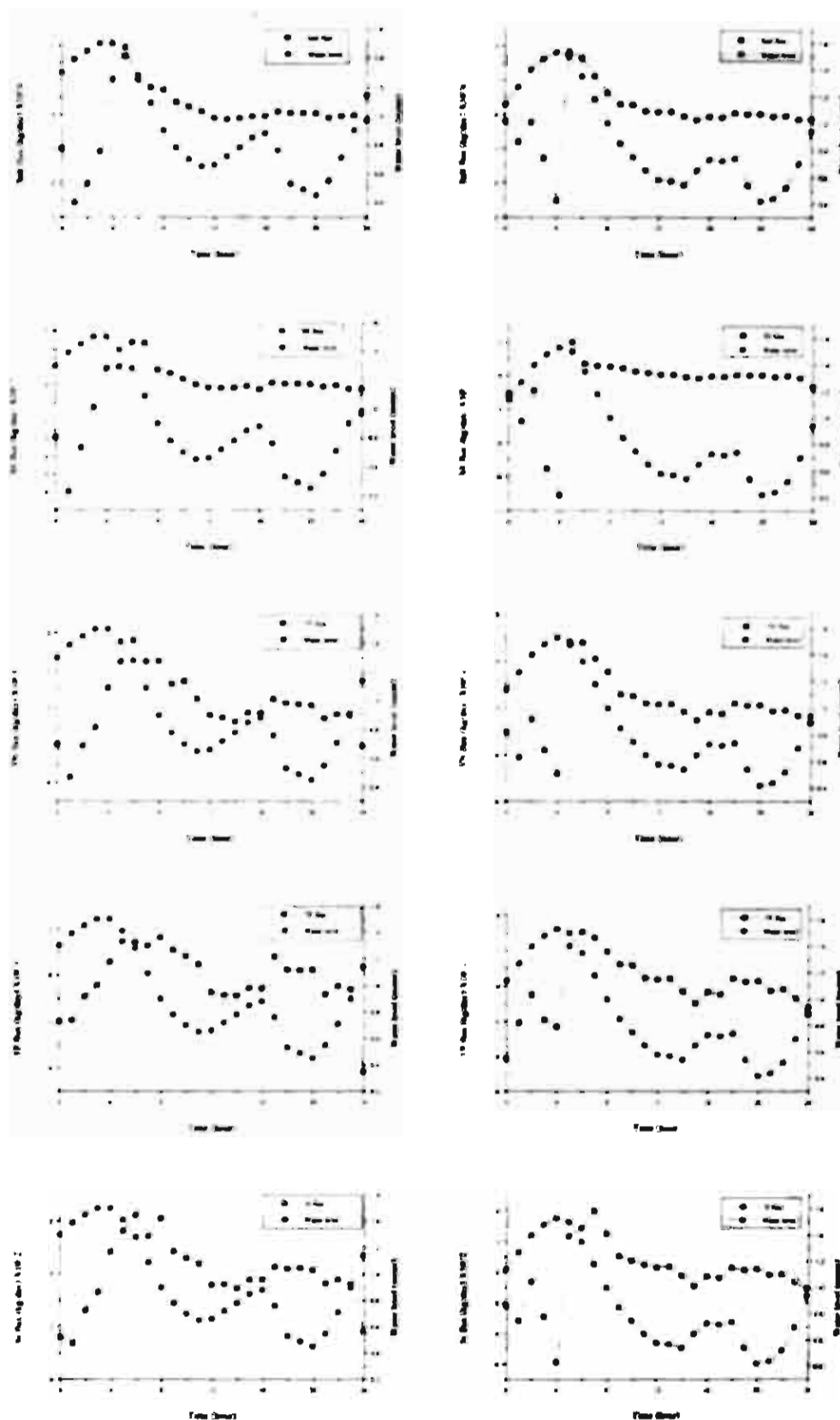
ฟลักซ์สุทธิ	17-18 พ.ย. 44	18-19 พ.ย. 44	เฉลี่ย 17-19 พ.ย. 44
Q (ม ³ /วัน)	-3.05E+03	-1.33E+03	-1.78E+03
เกลือ (กก./วัน)	-4.27E+04	2.75E+04	-4.00E+03
แอมโมเนีย (กก./วัน)	1.23E+00	9.46E-01	1.36E+00
ไนเตรต + ไนไตรท์ (กก./วัน)	-2.49E-01	5.47E-02	9.47E-03
อนินทรีย์ไนโตรเจน (กก./วัน)	9.80E-01	1.00E+00	1.37E+00
อินทรีย์ไนโตรเจน (กก./วัน)	4.59E-03	-1.94E-01	-4.12E-02
ฟอสเฟต (กก./วัน)	-1.53E+00	-4.90E-01	-2.90E-01
อินทรีย์ฟอสฟอรัส (กก./วัน)	-2.42E-01	4.81E-02	7.53E-03
ซิลิเกต (กก./วัน)	-3.61E+00	-1.13E+01	-3.18E+00
ตะกอนแขวนลอย (กก./วัน)	-3.03E+06	-8.08E+06	-5.34E+06

หมายเหตุ + หมายถึงมีทิศไหลออกจากคลอง, - หมายถึงมีทิศไหลเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน

ตารางที่ 2 อัตราการไหลสุทธิของน้ำ (Q), ฟลักซ์สุทธิของเกลือ, และฟลักซ์สุทธิของสารอาหาร ในรอบปีบริเวณ สถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช

	ฟลักซ์สุทธิ (กก./ปี)	ฟลักซ์ต่อไร่ของแปลงปลูก ป่าชายเลน (กก./ไร่/ปี)	ฟลักซ์รวมของพื้นที่ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง (กก./ปี)
Q (ม ³ /ปี)	-9.24E+04		
เกลือ	-2.10E+05	-5.80E+04	-4.13E+09
แอมโมเนีย	7.01E+01	1.97E+01	1.41E+06
ไนเตรต + ไนไตรท์	4.93E-01	1.38E-01	9.79E+03
อนินทรีย์ไนโตรเจน	7.12E+01	1.99E+01	1.42E+06
อินทรีย์ไนโตรเจน	-2.14E+00	-5.98E-01	-4.26E+04
ฟอสเฟต	-1.51E+01	-4.21E+00	-3.00E+05
อินทรีย์ฟอสฟอรัส	3.92E-01	1.09E-01	7.78E+03
ซิลิเกต	-1.65E+02	-4.62E+01	-3.29E+06
ตะกอนแขวนลอย	-2.78E+08	-7.75E+07	-5.52E+12

หมายเหตุ + หมายถึงมีทิศไหลออกจากคลอง, - หมายถึงมีทิศไหลเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของเกลือ ตะกอนแวนลอย ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม บริเวณปากคลอง
ฉะเชิงเทรา และอนุรักษป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช ในเดือนพฤศจิกายน 2544
(ซ้ายมือ 17-18 พ.ย. 44, ขวามือ 18-19 พ.ย. 44)

สรุปและข้อเสนอแนะ

การแลกเปลี่ยนฟลักซ์ของสารอาหารระหว่างแปลงปลูกป่าชายเลน และน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณปากคลองปากนคร จ.นครศรีธรรมราช พบว่า อินทรีย์ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, ซิลิเกต มีทิศไหลจากอ่าวปากพนังเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน ส่วนแอมโมเนีย, ไนเตรด + ไนไตรท์, อนินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ฟอสฟอรัส มีทิศไหลจากแปลงปลูกป่าชายเลนสู่อ่าวปากพนัง สำหรับฟลักซ์ของเกลือและตะกอนแขวนลอยมีค่า 4.0×10^3 และ 5.34×10^6 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีการพัดจากอ่าวปากพนังเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน ซึ่งมีทิศเช่นเดียวกับอัตราการไหลของน้ำสุทธิ ที่มีค่า 1.78×10^3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน การศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของป่าชายเลนในการเป็นแหล่งอาหารของประชาคมแพลงก์ตอนพืช และต่อความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งใกล้เคียง

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน, 2537. การศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนครศรีธรรมราช. ร่างรายงานฉบับสุดท้าย การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม เสนอโดย บริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด, บริษัท เข้าท์อีสท์เอเชียเทคโนโลยี จำกัด, บริษัทริเอทีฟ เทคโนโลยี จำกัด.
- กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, 2444. มาตรฐาน น้ำน่าน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา - อ่าวไทย - ทะเลอันดามัน. กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. 324 หน้า.
- กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, 2445. มาตรฐาน น้ำน่าน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา - อ่าวไทย - ทะเลอันดามัน. กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. 324 หน้า.
- วิโรจน์ ธีรนาธร. 2544. การทดลองปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดต่างๆ เพื่อฟื้นฟูสภาพนาุ้งร้างท้องที่ตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 11 “ป่าชายเลน: มุมมอง ปัญหา การแก้ไขและความต้องการของสังคมไทย” 9-12 กรกฎาคม 2545 จังหวัดตรัง สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ V-17, 1-16.
- Kjerfve, B., Stevenson, L. H., Proehl, J. A., Chrzanowski, T. H., and Kitchen, W. M. 1981. Estimation of Material fluxes in an Estuary Cross Section A Critical Analysis of Spatial Measurement Density Error. *Limnol Oceanogr* 26: 325-335.
- Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada. pp. 49-135.

สารอาหารในดินตะกอนและฟลักซ์ระหว่างดินและน้ำทะเลบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Nutrient Status and Fluxes at the Sediment–Water Interface in Pak Phanang Bay, Nakhon Si Thammarat Province

กัลยา วัฒยากร

Gullaya Wattayakorn

Abstract

Surface sediments from Pak Phanang Bay and two mangrove plantations were investigated for plant nutrients in order to assess the magnitude of chemical and biological transformations of nitrogen and phosphorus and of the fluxes of these nutrients between the sediments and the overlying water. In general, mean concentrations of ammonium, nitrate+nitrite and dissolved organic nitrogen in sediments from the Pak Phanang Bay were much higher than those from the Pak Nakhon and Pak Poon mangrove plantations, while phosphate and dissolved phosphorus were about the same concentrations in all three studied areas. Benthic nutrient fluxes indicate that the mangrove sediments have a moderately active metabolism, release NH_4^+ to the overlying water, and take up $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ and PO_4^{3-} . A flux experiment was also conducted with deep sediment core sections (simulating exposed sediments) to examine changes in nutrient release over a 24-hour time-period. The results show extremely high initial flux of ammonium and phosphate which decreased gradually back to ambient surface sediment flux rates. Pak Phanang Bay sediments can be a viable nutrient source for benthic and pelagic microalgae.

Key word: Nutrient/Fluxes/Pak Phanang Bay/Nakhon Si Thammarat

บทคัดย่อ

ศึกษาสารอาหารในดินตะกอนบริเวณอ่าวปากพนัง และตะกอนป่าชายเลน และทดลองการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างดินตะกอนและน้ำทะเลเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวภาพที่เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าว โดยทั่วไปค่าเฉลี่ยของสารอาหารไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ไนเตรท+ไนไตรท์ และไนโตรเจนอินทรีย์ในดินตะกอนอ่าวปากพนังสูงกว่าในดินตะกอนป่าชายเลนปากนครและป่าชายเลนปากพูนมาก ส่วนฟอสเฟตและฟอสฟอรัสอินทรีย์ไม่แตกต่างกันมากนักในทั้งสามบริเวณที่ศึกษา ฟลักซ์ของสารอาหารระหว่างดินตะกอนและน้ำชั้นบนบ่งชี้ว่าดินตะกอนป่าชายเลนเป็น sink ของไนเตรท+ไนไตรท์และฟอสเฟต และเป็น source ของแอมโมเนียมให้กับน้ำทะเล การศึกษาการปลดปล่อยสารอาหารจากดินตะกอนที่ลึกซึ่งเกิดจากการรบกวนโดยกิจกรรมมนุษย์เป็นเวลา 24 ชั่วโมงพบว่าสารอาหารแอมโมเนียมและฟอสเฟตถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำในปริมาณสูงและลดความเข้มข้นลงช้า ๆ จนเกือบเป็นปกติ ดินตะกอนจากอ่าวปากพนังจึงเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายผิวดินขนาดเล็ก

คำหลัก: สารอาหารในดินตะกอน/ฟลักซ์/อ่าวปากพนัง/นครศรีธรรมราช

คำนำ

การพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมในบริเวณลุ่มน้ำปากพนังทำให้มีการปล่อยของเสียในรูปน้ำทิ้ง และสิ่งปฏิกูลจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งลงสู่แหล่งน้ำมากขึ้น โดยพัดพาผ่านแม่น้ำปากพนัง คลองปากนคร และคลองเล็ก ๆ อีกหลายสายไหลลงสู่อ่าวปากพนัง เป็นผลให้คุณภาพน้ำทะเลและตะกอนดินในบริเวณอ่าวปากพนังเสื่อมโทรมลงกว่าในอดีต การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ถูกปล่อยลงมารวมกับน้ำทิ้งในแหล่งน้ำมักก่อให้เกิดปัญหาการเพิ่มจำนวนอย่างมากของประชาคมแพลงก์ตอนพืช หรือ ที่เรียกว่าการเกิด “Eutrophication” และมักตามด้วยการลดลงของปริมาณออกซิเจนละลายเนื่องจากถูกนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ถูกสร้างขึ้นมา สำหรับอ่าวปากพนังซึ่งมีปริมาณอินทรีย์สารถูกปล่อยลงสู่อ่าวโดยตรงในปริมาณมาก ทำให้น้ำทะเลในอ่าวปากพนังหลายบริเวณและโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณหน้าประตูระบายน้ำปากพนังมีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง (<4 มิลลิกรัม/ลิตร) ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2537) โดยในบางครั้งของการสำรวจพบว่าน้ำชั้นล่างมีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร (กัลยา วัฒนากร 2545) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีพของสัตว์น้ำเป็นอย่างยิ่ง

โดยทั่วไปการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์เกิดขึ้นทั้งในน้ำและในดินตะกอน ซึ่งเป็นกระบวนการตามธรรมชาติในการหมุนเวียนของสารอาหารในแหล่งน้ำ ในสภาวะปกติที่แหล่งน้ำมีออกซิเจนละลายพอเพียง (Oxidizing condition) การย่อยสลายอินทรีย์สารจะเปลี่ยนสภาพของไนโตรเจนอินทรีย์เป็นไนตรท และฟอสฟอรัสอินทรีย์เป็นฟอสเฟต ซึ่งเป็นธาตุอาหารจำเป็นสำหรับแพลงก์ตอนพืชในการสังเคราะห์แสง ส่วนในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน (Reducing condition) ผลผลิตของการย่อยสลายอินทรีย์จะเป็นก๊าซไนโตรเจน (กรณีดีไนตริฟิเคชัน) หรือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (กรณีซัลเฟตรีดักชัน) ดังนั้นดินตะกอนซึ่งเป็นแหล่งสะสมของสารอินทรีย์จึงเป็นแหล่งสะสมของสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วย ในดินตะกอนสารอาหารส่วนหนึ่งจะสะสมโดยละลายอยู่ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างเม็ดตะกอน (pore water) และอีกส่วนหนึ่งถูกดูดซับอยู่บนพื้นผิวของตะกอนเอง ดังนั้นจึงเกิดการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างตะกอนผิวดินและน้ำทะเลชั้นบนโดยกระบวนการ diffusion ได้ ในแหล่งน้ำตื้น ๆ เช่นอ่าวปากพนังการรบกวนตะกอนพื้นท้องน้ำทั้งจากการเดินเรือ (โดยเฉพาะเรือหางยาวที่ใช้กันมาก) และการขุดลอกร่องน้ำเพื่อให้ร่องน้ำมีความลึกมากพอสำหรับการสัญจรของเรือขนาดใหญ่เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่ทำให้มีการปลดปล่อยสารอาหารจากดินตะกอนสู่น้ำทะเลชั้นบนได้ สารอาหารที่ถูกปลดปล่อยออกจากตะกอนดินย่อมมีผลทั้งในแง่บวกและลบต่อระบบนิเวศ ตลอดจนต่อสมดุลของสารอาหารในบริเวณอ่าวปากพนังด้วย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อประเมินความเข้มข้นของสารอาหารไนโตรเจนฟอสฟอรัสในดินตะกอนผิวน้ำบริเวณอ่าวปากพนัง และศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างตะกอนกับน้ำทะเลชั้นบน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินผลกระทบของการขุดลอกร่องน้ำที่อาจมีต่อระบบนิเวศบริเวณอ่าวปากพนังต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินตะกอนผิวน้ำในอ่าวปากพนังด้วย Modified Petersen Grab จำนวน 20 สถานี (รูปที่ 1) ในเดือนเมษายน และ ธันวาคม 2545 และเก็บแท่งดินตะกอนโดยใช้ท่อเจาะดิน(Corer)ลึก 40 เซนติเมตรจากสวนป่าชายเลนบริเวณปากคลองปากนคร ซึ่งเป็นแปลงไม้โกงกางที่ปลูกในบริเวณแฉ่งร้าง มีอายุประมาณ 5 ปี และสวนป่าชายเลนบริเวณปากคลองปากพนุ ประกอบด้วยไม้โกงกางเป็นส่วนใหญ่เช่นกัน ที่ปลูกในบริเวณดินเลนงอกใหม่

พันธุ์ไม้มีอายุประมาณ 22 ปี ทำการวัดความเป็นกรด-เบส (pH) และค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (E_h) ของชั้นดินตะกอนทันที และใช้มีดพลาสติกสะอาดตัดแบ่งชั้นดินตามระดับความลึกทุก 2 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินตะกอนใส่ในถุงพลาสติกสะอาด เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในห้องปฏิบัติการ

2. การวิเคราะห์

นำดินตะกอนเปียก 40 กรัม เติมสารละลาย NaCl 3% จำนวน 120 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้จนส่วนที่เป็นสารละลายแยกชั้นจากส่วนที่เป็นดินตะกอน กรองสารละลายผ่านแผ่นกรอง Whatman GF/C และนำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรูปแบบต่างๆตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972)

ดินตะกอนบางส่วนนำมาทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง Freeze Dryer เลือกเปลือกหอยออก และร่อนดินตะกอนผ่านตะแกรงในลอนขนาด 63 ไมครอน และผสมดินให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์โดยวิธี Acid-dichromate oxidation โดยออกซิไดซ์สารอินทรีย์ด้วย 1N $K_2Cr_2O_7$ acidified ด้วย concentrated H_2SO_4 และไตเตรทด้วย 0.5 N $Fe (NH_4)_2(SO_4)_2$ สำหรับอนุภาคของดินตะกอนวิเคราะห์โดยวิธี Hydrometer technique หลังจากย่อยทำลายอินทรีย์สารด้วย H_2O_2 (วิเคราะห์จากดินที่ยังไม่ได้ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 63 ไมครอน)

3. การทดลองการปลดปล่อยสารอาหารในห้องปฏิบัติการ

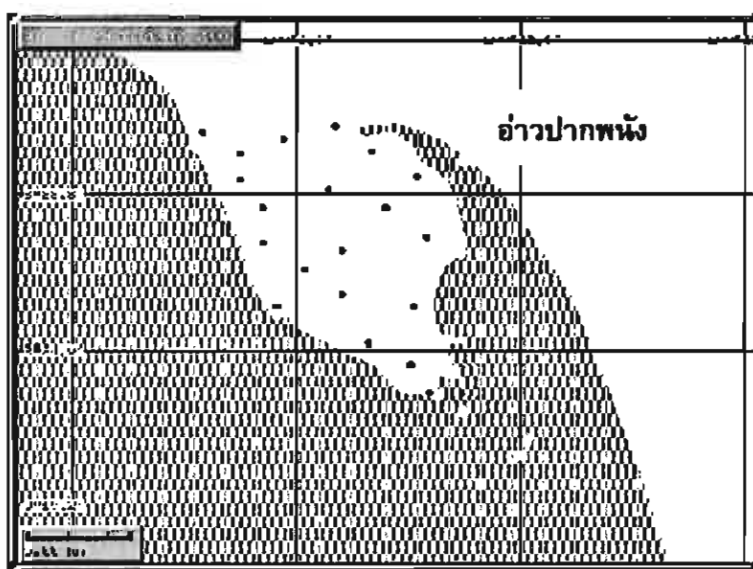
3.1 การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารจากดินตะกอนโดยกระบวนการ diffusion

เก็บตัวอย่างดินตะกอนจากสวนป่าชายเลน 2 แห่ง คือบริเวณปากคลองปาก และบริเวณปากคลองปากพูน โดยใช้ท่ออะคริลิกใส (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร x ความสูง 30 เซนติเมตร) เก็บชั้นดินตะกอนลึก 20 เซนติเมตร แห้งละ 6 ท่อ ใช้แผ่นยางรองปิดปลายท่อตอนล่าง เก็บน้ำทะเลจากบริเวณเดียวกันเพื่อนำมาเติมใส่ในท่อจนเต็ม (ระวังอย่าให้ตะกอนผิวหน้าถูกรบกวน) เตรียมชุดควบคุมโดยใช้ท่อเปล่าใส่น้ำทะเลจนเต็ม (ไม่มีดินตะกอน) ปิดตอนบนของท่อด้วยฝาอะคริลิกซึ่งเจาะรูไว้ 2 ช่อง (สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ 1 ช่องและสำหรับให้อากาศ 1 ช่อง) เป่าอากาศลงในท่อทดลองแต่ละท่อเพื่อให้แน่ใจว่ามีออกซิเจนละลายพอเพียงตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง จากนั้นนำท่อทั้งหมดไปแช่ในถังน้ำเย็นในที่ร่มเพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ที่ประมาณ 30°C เซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีหลอดนํ้าเย็นให้แสงสว่างแก่ท่อทดลองในช่วงเวลากลางวัน (10 ชั่วโมง) และปิดไฟในตอนกลางคืน (14 ชั่วโมง) เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด เก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากท่อทดลองแต่ละท่อชั่วโมงละ 1 ครั้ง และเติมนํ้าลงไปในท่อทดลองให้ระดับน้ำในท่อคงที่ นำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์สารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) คำนวณอัตราการเพิ่มขึ้น (release) หรือลดลง (uptake) ของสารอาหารในน้ำทะเลในท่อแต่ละท่อ โดยหักลบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในท่อควบคุมด้วย และนำผลการศึกษาที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของฟลักซ์ของการแลกเปลี่ยนสารอาหารต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรของตะกอนผิวหน้า

3.2 การศึกษาการปลดปล่อยของสารอาหารจากตะกอนดินที่ถูกรบกวนจากกิจกรรมมนุษย์

ดำเนินการศึกษาตามวิธีของ U.S. Army Corps of Engineers and the U.S. EPA (Lee and Jones, 1987) หลักการคือนำตะกอนส่วนลึกของแห่งดินจากอ่าวปากพูน 1 ส่วน ผสมกับน้ำทะเล 4 ส่วนโดยปริมาตรในขวดนํ้าลาย เขย่าสารละลายด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 24 ชั่วโมง กรองน้ำใสผ่านแผ่นกรองขนาด 0.45 ไมครอน และวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำโดยวิธีของ Strickland and Parsons

(1972) ทำการทดลองทั้งสิ้น 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งมีชุดควบคุมซึ่งเป็นการเขย่าตัวอย่างน้ำโดยไม่มีตะกอน นำผลที่ได้มาคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยของอัตราการปลดปล่อยของสารอาหารจากตะกอน



รูปที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนในอ่าวปากพนัง

ผลและวิจารณ์ผล

โดยทั่วไปตะกอนผิวหน้าอ่าวปากพนังมีเนื้อดินเป็น sandy loam และ sandy clay loam (ปริมาณ clay 9 - 25%) ดินตะกอนบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวประกอบด้วยทรายเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่ตอนบนของอ่าวบริเวณปากแม่น้ำปากพนังและฝั่งตะวันตกของอ่าวมีลักษณะเป็นดินโคลนปนทราย ตะกอนมีสมบัติค่อนข้างเป็นกลาง มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.3 - 7.8 ตะกอนที่ผิวมีสีน้ำตาลแดงของเหล็กออกไซด์ แสดงว่าบริเวณผิวหน้าตะกอนยังมีออกซิเจนอยู่ (ค่า E_h เป็นบวก) โดยเฉพาะบริเวณตอนกลางและบริเวณตอนนอกของอ่าวซึ่งน้ำค่อนข้างตื้น (น้ำลึกประมาณ 1-2 เมตร) สำหรับดินตะกอนบริเวณใต้ประตุน้ำอุทกวิทยาประสิทธิ์ (ประตุน้ำปากพนัง) มีค่า E_h ต่ำที่สุด (-185 mV) ตะกอนผิวหน้ามีสีดำ และมีกลิ่นเหม็นของ H_2S ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่มีค่าต่ำมาก และดินตะกอนบริเวณดังกล่าวมีการสะสมของอินทรีย์สารสูงที่สุด ($OC = 1.84\%$) การกระจายของสารอาหารในรูปแอมโมเนียม ไนโตรเจน ไนไตรท์ ไนโตรเจน ฟอสเฟต อินทรีย์ฟอสฟอรัส และอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนผิวหน้าอ่าวปากพนังแสดงในรูปที่ 2 จะเห็นว่าสารอาหารทุกรูปแบบ และอินทรีย์คาร์บอนมีการสะสมในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำปากพนัง (ตอนในของอ่าว) ปากคลองปากนคร และปากคลองบางจาก (ฝั่งตะวันตกของอ่าว) สูงกว่าฝั่งตะวันออกและบริเวณกลางอ่าว เนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดของน้ำเสียมากกว่า

สำหรับดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนคลองปากพนังมีค่า pH โดยเฉลี่ยต่ำกว่าดินตะกอนป่าชายเลนปากนครเล็กน้อย และมีคาร์ดิออกซิโพเทนเชียลโดยเฉลี่ยเป็นลบมากกว่าดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนปากนครเช่นกัน (-119 mV VS -20 mV) ทั้งนี้เนื่องจากป่าชายเลนปากพนังประกอบด้วยพันธุ์ไม้ที่มีอายุมากกว่าป่าชายเลนปากนคร จึงมีอินทรีย์สารจากการผุสลายของซากไม้ กิ่ง และ ใบสะสมอยู่มากกว่าป่าชายเลนปากนคร และทำให้มีการสะสมของสารอาหารในดินตะกอนปากพนังสูงกว่าดินตะกอนปากนครด้วย (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของสารอาหารไนโตรเจนทุกรูปแบบในดินตะกอนป่าชายเลนทั้งสองแห่งต่ำกว่าค่าที่พบในตะกอนผิวหน้าอ่าวปากพนังมาก เนื่องจากอ่าวปากพนังเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่มีสารอาหารไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักจากบริเวณลุ่มน้ำปากพนังโดย

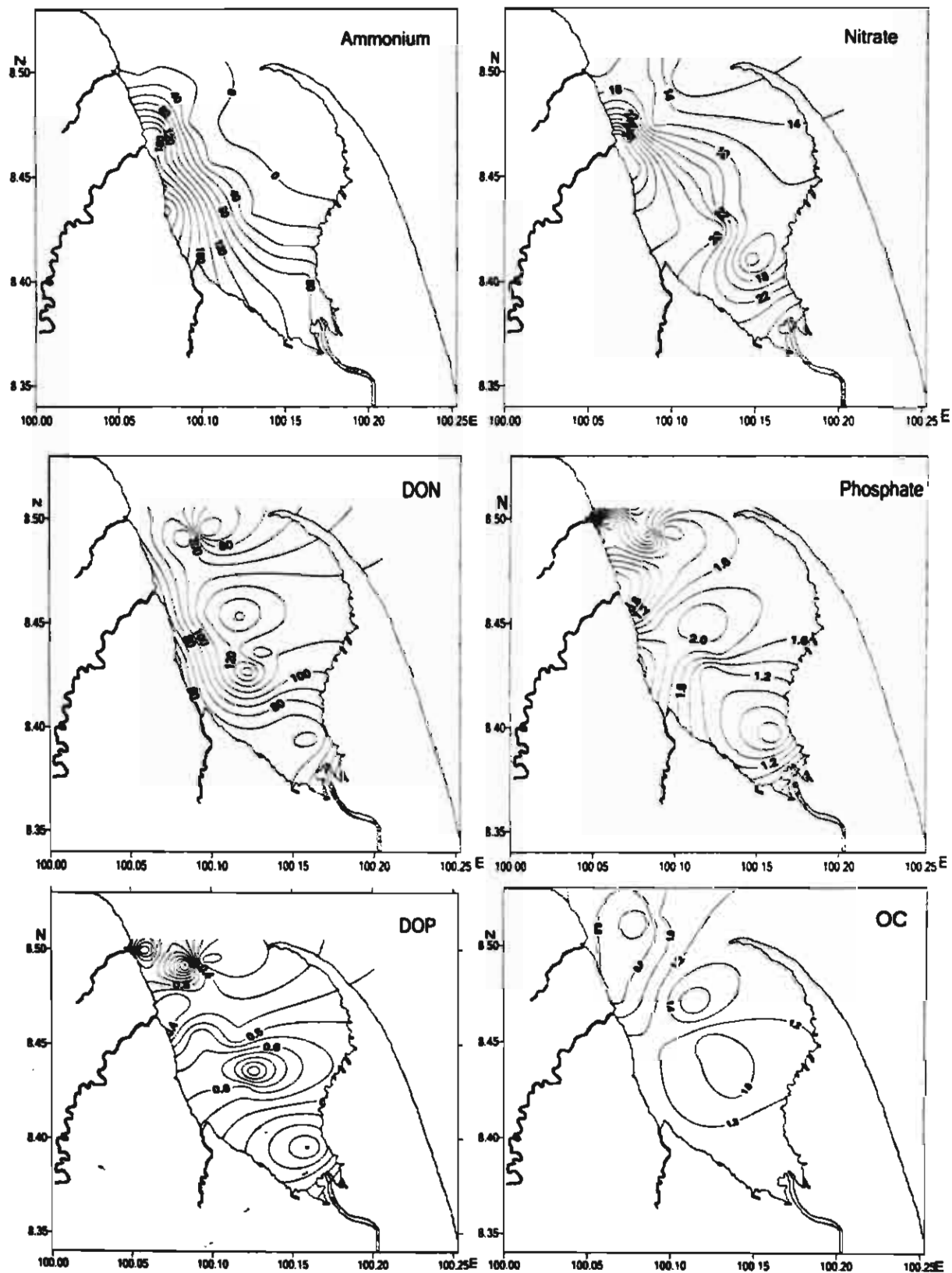
ตรงและตลอดเวลา สำหรับสารอาหารฟอสฟอรัสในดินตะกอนทั้ง 3 บริเวณมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยดินตะกอนป่าชายเลนทั้งสองแห่งสะสมฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงกว่าในอ่าวปากพนังเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากตะกอนบริเวณป่าชายเลนมีโอกาสในการดูดซับฟอสเฟตได้มากกว่าตะกอนในอ่าวปากพนัง เนื่องจากน้ำตื้นกว่าและตะกอนผิวหน้าบริเวณป่าชายเลนได้สัมผัสอากาศบ่อยกว่าในช่วงน้ำลง ทำให้ฟอสเฟตจับกับแร่ดินเหนียวและคาร์บอนเนตและ/หรือตกตะกอนพร้อมกับออกไซด์ของเหล็ก(Fe^{+3})ได้มากขึ้น จึงพบการสะสมของฟอสฟอรัสในดินตะกอนป่าชายเลนสูงกว่าในอ่าวปากพนัง

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารในตะกอนดินอ่าวปากพนังและสวนป่าชายเลน จ.นครศรีธรรมราช
(หน่วย : ไมโครโมล/กิโลกรัม)

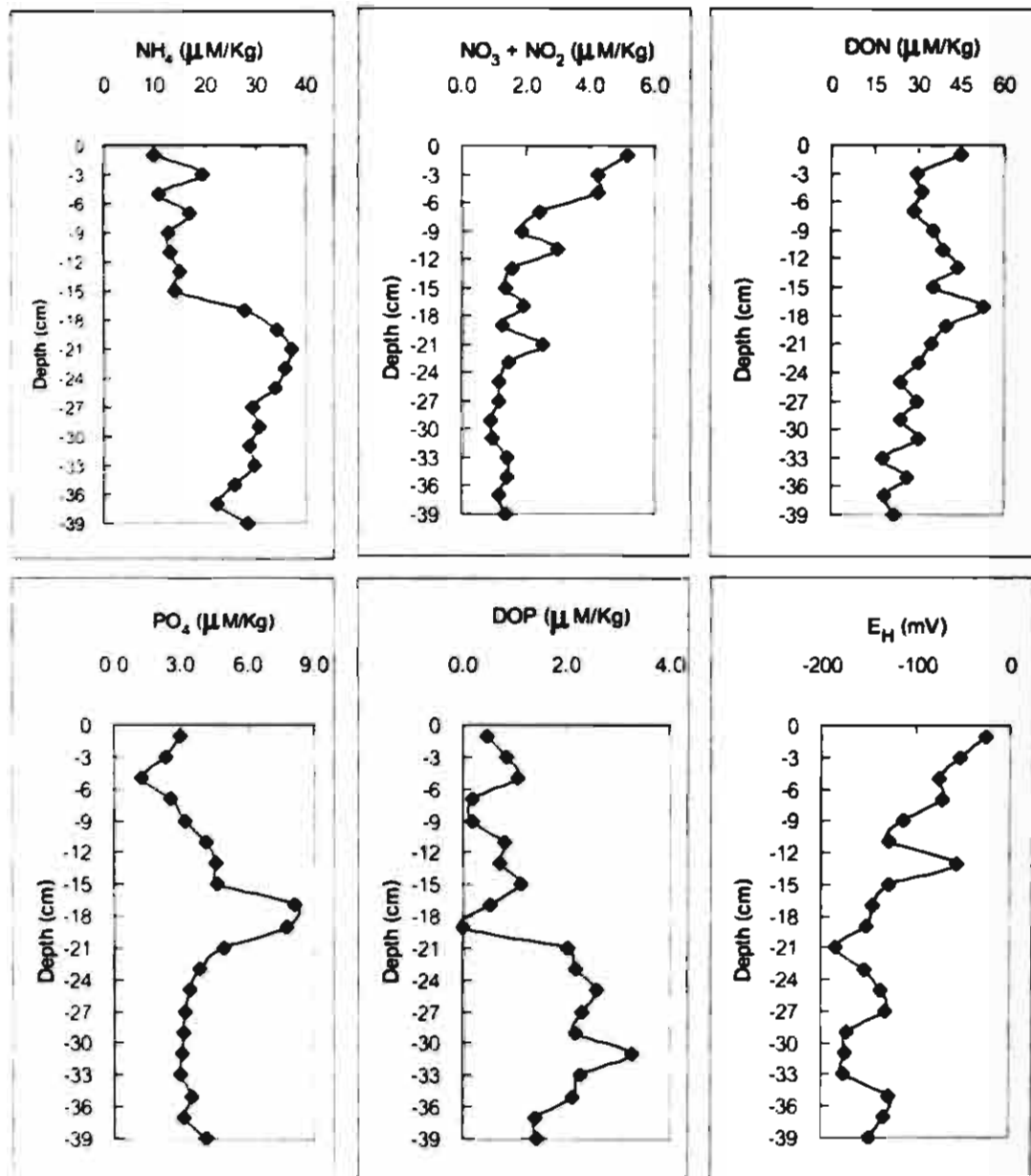
	อ่าวปากพนัง	สวนป่าชายเลน ปากนคร	สวนป่าชายเลน ปากพูน
แอมโมเนียม	56.6 ± 63.6 (12.3 - 246.4)	10.5 ± 7.6 (3.1 - 26.9)	23.9 ± 9.0 (10.0 - 37.2)
ไนเตรท+ไนไตรท์	21.7 ± 7.8 (10.5 - 36.5)	0.9 ± 0.3 (0.4 - 1.6)	2.0 ± 1.2 (0.9 - 5.1)
อินทรีย์ไนโตรเจน	85.0 ± 40.7 (3.9 - 150.4)	12.2 ± 5.8 (1.7 - 28.0)	31.9 ± 8.9 (18.2 - 52.9)
ฟอสเฟต	1.7 ± 1.0 (0.2 - 4.1)	4.2 ± 1.7 (1.4 - 7.8)	3.8 ± 1.6 (1.2 - 8.1)
อินทรีย์ฟอสฟอรัส	0.5 ± 0.2 (0.3 - 0.9)	0.9 ± 0.5 (0.1 - 2.0)	1.4 ± 0.9 (0.0 - 3.3)
อินทรีย์คาร์บอน (%)	1.02 ± 0.43 (0.41-1.84)	1.31 ± 0.07 (1.13-1.42)	1.89 ± 0.47 (1.26-2.72)

หมายเหตุ ค่าใน () = Range

การกระจายของสารอาหารตามความลึกของชั้นดินตะกอนในป่าชายเลนแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ไนเตรท+ไนไตรท์ และอินทรีย์ไนโตรเจนแสดงแนวโน้มของการลดลงของความเข้มข้นตามความลึกของชั้นดิน เนื่องจากเมื่อดินอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนไนเตรทจะถูกนำไปใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์แทนออกซิเจน ทำให้ไนเตรทและอินทรีย์ไนโตรเจนมีปริมาณลดลง ในขณะที่แอมโมเนียมมีการสะสมเพิ่มมากขึ้นในดินชั้นลึกมากกว่าผิว ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของคาร์ดิออกซิโพเทนเชียลที่เป็นลบมากขึ้นในดินชั้นลึก (ตะกอนอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน ไนเตรทและไนไตรท์ถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียม) สำหรับฟอสเฟตมีการเพิ่มขึ้นตามความลึกคล้ายกับแอมโมเนียม เนื่องจากในสภาวะที่เป็น reducing condition Fe^{+3} จะถูกเปลี่ยนเป็น Fe^{+2} ซึ่งจะละลายน้ำได้ง่ายและปล่อยฟอสเฟตหลุดออกมาด้วย โดยพบฟอสเฟตมีปริมาณสูงสุดที่ระดับลึกประมาณ 18-20 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับลึกที่พบอินทรีย์ฟอสฟอรัสมีค่าต่ำที่สุด และคาร์ดิออกซิโพเทนเชียลของดินต่ำที่สุดเช่นกัน ที่ความลึกกว่านั้นพบฟอสเฟตมีค่าลดลงขึ้น ในขณะที่อินทรีย์ฟอสฟอรัสมีค่าสูงขึ้น และคาร์ดิออกซิโพเทนเชียลของดินมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน จะเห็นได้ว่าการหมุนเวียนของรูปแบบของสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินตะกอน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของคาร์ดิออกซิโพเทนเชียลของดิน

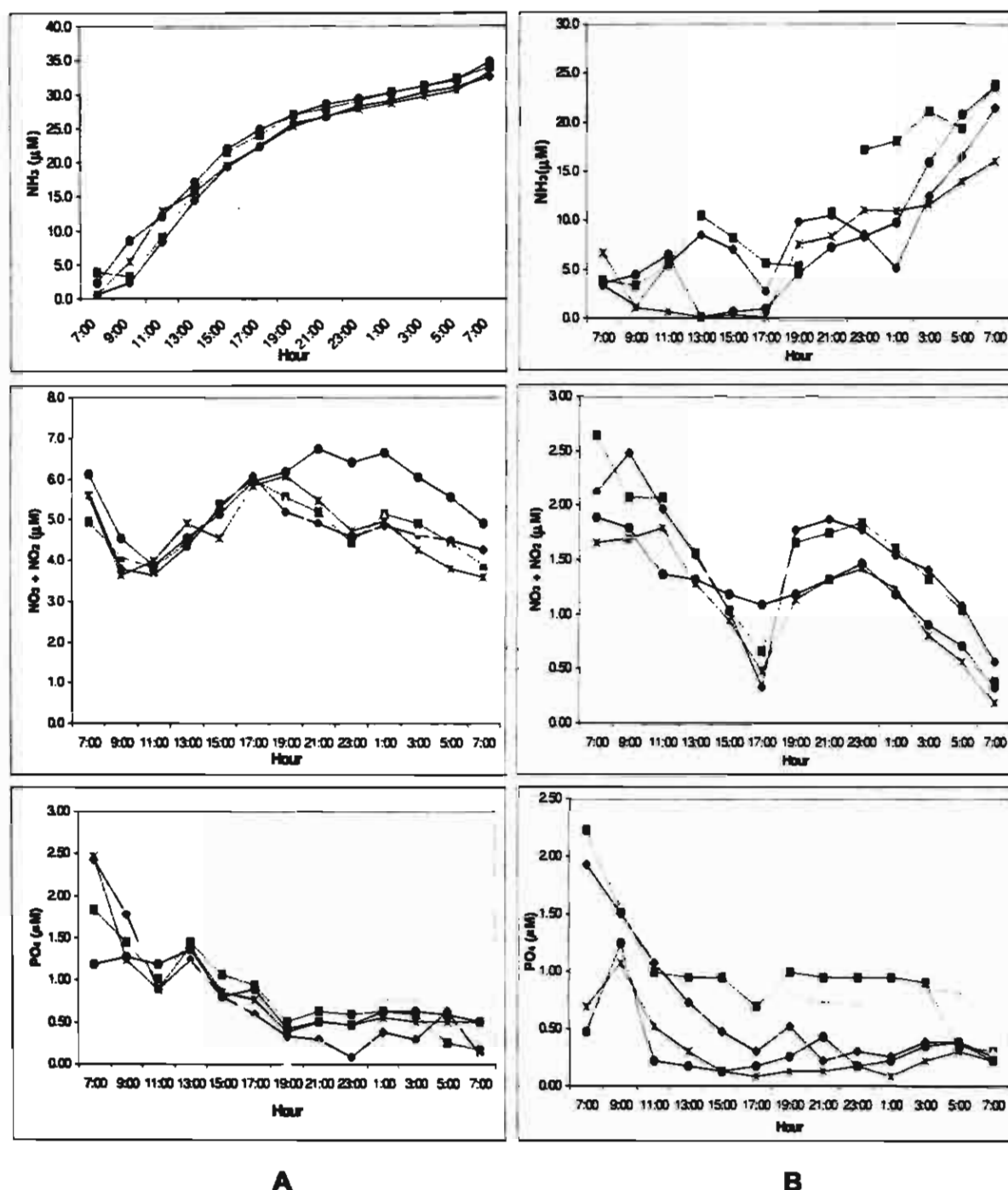


รูปที่ 2 การกระจายของสารอาหาร ($\mu\text{M/Kg}$) และอินทรีย์คาร์บอน (%) ในดินตะกอนอ่าวปากน้ำ



รูปที่ 3 การกระจายของสารอาหารตามความลึกของชั้นดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนปากพูน

สารอาหารที่สะสมอยู่ในดินตะกอนเหล่านี้สามารถ diffuse สู่ น้ำชั้นบนได้เมื่อมีน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของสารอาหารน้อยกว่าไหลมาท่วมถึง ซึ่งจากการทดลองการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างดินตะกอนและน้ำชั้นบนในห้องปฏิบัติการได้ผลดังรูปที่ 4 แอมโมเนียมมีการ diffuse จากตะกอนสู่ชั้นน้ำตลอดเวลา ในขณะที่ไนเตรท+ไนไตรท์มีการ diffuse ออกสู่ชั้นบนทำให้ปริมาณเพิ่มขึ้นในชั่วโมงแรกและลดลงในระยะต่อมาก่อนที่จะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับการนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืช(หรือ benthic algae)ในช่วงเวลากลางวันและ/หรือถูกดูดซับกลับโดยแร่ดินเหนียวในตะกอน ซึ่งเป็นการยากที่จะกล่าวว่ากระบวนการใดสำคัญกว่ากันจากการทดลองครั้งนี้ ส่วนฟอสเฟตมีการ diffuse ออกสู่ชั้นบนในปริมาณมากในชั่วโมงที่ 1 จากนั้นค่าค่อยๆลดลงเนื่องจากถูกนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชคล้ายกับไนเตรท และแสดงพฤติกรรมของการเกิดบัฟเฟอร์กับตะกอนที่ผิวในช่วงเวลาต่อมาค่าฟอสเฟตจึงค่อนข้างคงที่



รูปที่ 4 ฟลักซ์ของสารอาหาร NH_4 , $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$, PO_4 จากตะกอนป่าชายเลน
(A) ป่าชายเลนปากนคร (อายุ 5 ปี)
(B) ป่าชายเลนปากพูน (อายุ 22 ปี)

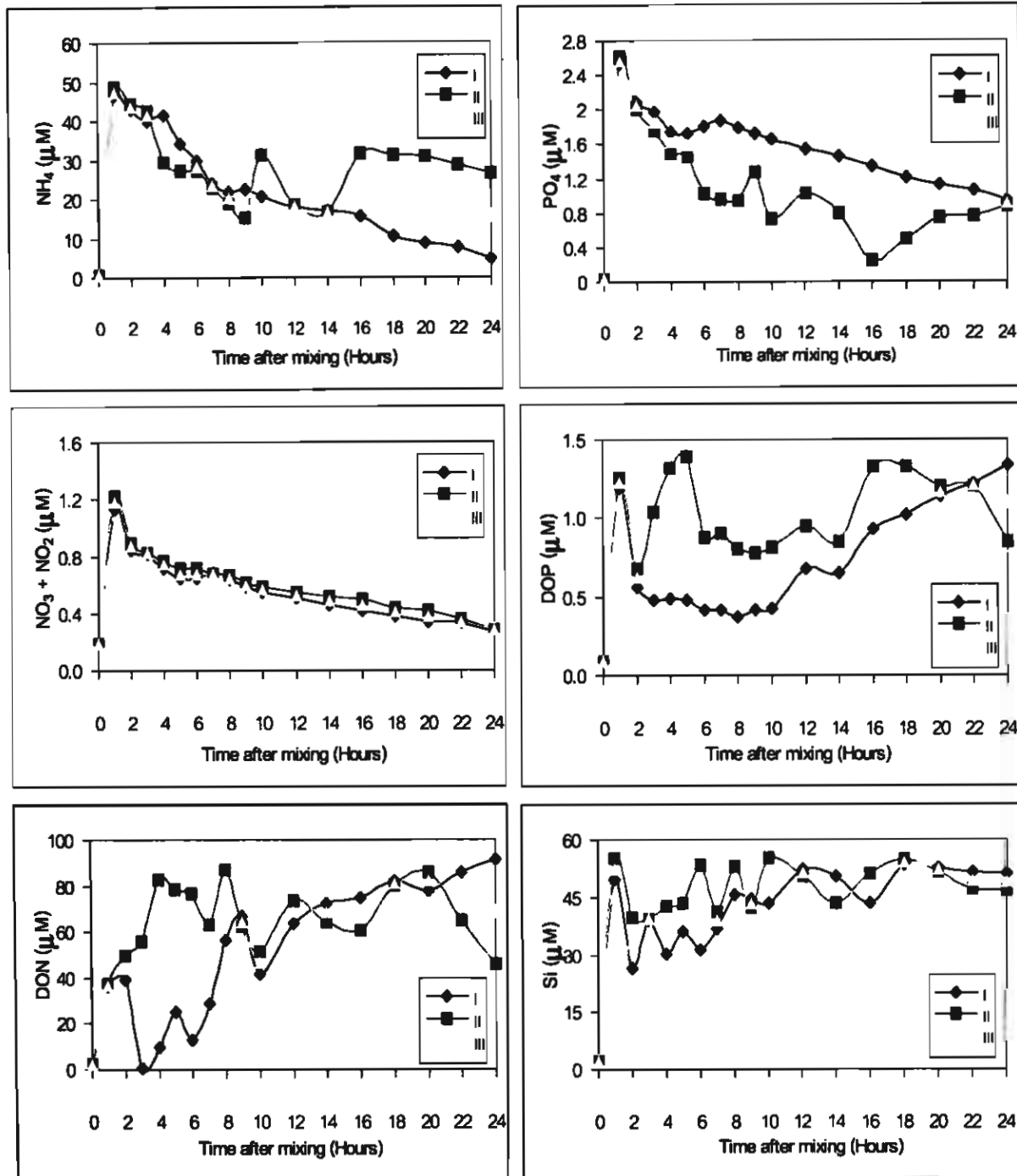
อัตราการแลกเปลี่ยนสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสระหว่างดินตะกอนและน้ำทะเลบริเวณป่าชายเลนปากนครและป่าชายเลนปากพูนแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (Mean $\pm$ 1 SE) ของอัตราการแลกเปลี่ยนสารอาหาร ในโตรเจนและฟอสฟอรัสระหว่างดิน
ตะกอนและน้ำทะเลบริเวณป่าชายเลน จ.นครศรีธรรมราช
(เครื่องหมาย - หมายถึงฟลักซ์เข้าสู่ดินตะกอน)

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$	สวนป่าชายเลน ปากนคร	สวนป่าชายเลน ปากพูน
แอมโมเนียม		
กลางวัน	338 $\pm$ 115	-36 $\pm$ 149
กลางคืน	116 $\pm$ 54	211 $\pm$ 165
ไนเตรท+ไนไตรท์		
กลางวัน	4 $\pm$ 77	-20 $\pm$ 11
กลางคืน	-19 $\pm$ 22	-1 $\pm$ 37
อินทรีย์ไนโตรเจน		
กลางวัน	-752 $\pm$ 1790	-153 $\pm$ 294
กลางคืน	-8 $\pm$ 391	-226 $\pm$ 801
ฟอสเฟต		
กลางวัน	-17 $\pm$ 27	-15 $\pm$ 22
กลางคืน	-5 $\pm$ 14	-0.5 $\pm$ 8
อินทรีย์ฟอสฟอรัส		
กลางวัน	-23 $\pm$ 71	-1 $\pm$ 48
กลางคืน	10 $\pm$ 24	-7 $\pm$ 42

จะเห็นว่าทิศทางของการแลกเปลี่ยนสารอาหารเกือบทุกรูปแบบเป็นไปในทิศทางจากน้ำทะเลเข้าสู่ดินตะกอน(ค่าเป็นลบ)ทั้งกลางวันและกลางคืน ยกเว้นฟลักซ์ของแอมโมเนียมที่แสดงให้เห็นว่าเป็นการปลดปล่อย (release) จากดินตะกอนสู่น้ำ อาจกล่าวได้ว่าดินตะกอนป่าชายเลนเป็น sink ของสารอาหาร นั่นคือ มีการดูดซับของสารอาหารบนผิวตะกอนโดยแร่ดินเหนียว และ/หรือมีการนำสารอาหารจากน้ำชั้นบนไปใช้ในการสังเคราะห์อาหารของ benthic algae ตลอดจนการใช้โดยจุลินทรีย์อื่น(ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนและอินทรีย์ฟอสฟอรัส) การ uptake ไนโตรท+ไนเตรท (ดินตะกอนปากพูน) และฟอสเฟต (ดินตะกอนทั้งสองแห่ง)ในตอนกลางวันสูงกว่าตอนกลางคืนหลายเท่า โดยทั่วไปพบว่าค่าเฉลี่ยของฟลักซ์ของสารอาหารระหว่างดินและน้ำจากการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงพิสัยที่มีการรายงานในบริเวณเขสทรีและน้ำชายฝั่งแหล่งอื่นๆของโลก (Teague et al., 1988; Cherdungnoen 1994; (Miller-Way and Twilley, 1996; Cowan et al., 1996; Asmus et al., 1996; Kuwae et al., 1998; Alongi et al., 2002)

การทดลองการปลดปล่อยของสารอาหารจากดินตะกอนอ่าวปากพูนังเนื่องจากการถูกรบกวนโดยกิจกรรมมนุษย์แสดงในรูปที่ 5 .



รูปที่ 5 ผลการทดลองการปลดปล่อยสารอาหารไนโตรเจน (NH_4 , $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ และ DON)
ฟอสฟอรัส (PO_4 และ DOP) และซิลิคอน (Si) จากดินตะกอนอ่าวปากพนัง
(I II และ III เป็นจำนวนครั้งที่ของการทำการทดลอง)

สารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทุกรูปแบบจะถูกปลดปล่อยออกจากดินตะกอนเมื่อได้รับการรบกวนจากแรงภายนอก เช่นการกวนตะกอนให้กระจายเนื่องจากใบพัดเรือหางยาว หรือการสูบน้ำที่นำตะกอนจากที่ลึกซึ่งมีสารอาหารสูงมาผสมกับน้ำทะเลข้างบน กิจกรรมเหล่านี้ทำให้น้ำชั้นบนมีปริมาณสารอาหารสูงขึ้นจากเดิมหลายเท่า โดยแอมโมเนียม (สูงขึ้น 68 เท่า) ไนตรัส+ไนเตรท (สูงขึ้น 6 เท่า) และฟอสเฟต (สูงขึ้น 64 เท่า) มีการเพิ่ม

ขึ้นในระยะแรก (ชั่วโมงที่ 1) หลังจากนั้นความเข้มข้นจะค่อยๆลดลงจนเกือบเป็นปกติภายใน 24 ชั่วโมง ส่วน อินทรีย์ไนโตรเจน (สูงขึ้น 13 เท่า) อินทรีย์ฟอสฟอรัส (สูงขึ้น 13 เท่า) และซิลิเกต (สูงขึ้น 25 เท่า) พบว่าความเข้มข้นในน้ำทะเลที่ได้รับการบกรวจากกิจกรรมดังกล่าวยังคงมีปริมาณสารเหล่านี้สูงอยู่ อินทรีย์สารเหล่านี้สามารถถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ และจะปล่อยสารอาหารแอมโมเนียม ไนโตรเจน ไนเตรต และฟอสเฟตสู่แหล่งน้ำได้อีก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ากิจกรรมดังกล่าวทำให้สารอาหารในแหล่งน้ำสูงขึ้นกว่าระดับเดิม ซึ่งในบางครั้งอาจสูงมากจนอาจทำให้เกิด Eutrophication ในแหล่งน้ำได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของสารอาหารในดินตะกอนบริเวณเอสทูรีที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์ทั้งในรูปของการปล่อยน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ และการใช้แหล่งน้ำเพื่อการสัญจรไปมา และการประมงชายฝั่งซึ่งทำให้สมดุลของสารอาหารเสียไปชั่วคราวก่อนที่จะกลับสู่สภาพเดิม การแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างตะกอนและน้ำชั้นบนในสภาวะธรรมชาติแสดงให้เห็นถึงความสามารถของตะกอนป่าชายเลนในการกักเก็บสารอาหาร (sink) โดยเฉพาะสำหรับไนเตรตและฟอสเฟต และเป็น source สำหรับแอมโมเนียมซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายผิวดินขนาดเล็กต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วัฒนากร. 2545. สถานภาพสารอาหารในอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 12: สร้างเสริม ประยุกต์ความรู้สู่ชุมชน 28 - 30 สิงหาคม 2545 ณ โรงแรม ทวินโลตัส จังหวัดนครศรีธรรมราช สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- วิโรจน์ อธิธนาธร. 2544. การทดลองปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดต่างๆ เพื่อฟื้นฟูสภาพนาุ้งร้างท้องที่ตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 11 : ป่าชายเลน: มุมมอง ปัญหา การแก้ไขและความต้องการของสังคมไทย 9-12 กรกฎาคม 2545 จังหวัดตรัง สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ V-17, 1-16.
- Alongi, D.M., Trott, L.A., Wattayakor, G. and Clough, B.F. 2002. Below-ground nitrogen cycling in relation to net canopy production in mangrove forests of southern Thailand.
- Asmus, R.M. et al., 1998. The role of water movement and special scaling for measurement of dissolved inorganic nitrogen fluxes in intertidal sediments. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 46: 221-232.
- Cherdsungnoen, K. 1994. Plant nutrients in interstitial water of mangrove sediment, Changwat Phang-nga. Master's Thesis, Inter-Department of Environmental Science, Chulalongkorn University, 144 pp.
- Cowan, J.L.W., Pennock, J.R. and Boynton, W.R. 1996. Seasonal and interannual patterns of sediment-water nutrient and oxygen fluxes in Mobile Bay, Alabama (USA): regulating factors and ecological significance. *Marine Ecology Progress Series* 141: 229-245.
- Kuwae, T., Hosokawa, Y. And Eguchi, N. 1998. Dissolved inorganic nitrogen cycling in Banzu intertidal sand-flat, Japan. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 167-175.

- Lee, G. F. and R.A. Jones. 1987. "Water quality significance of contaminants associated with sediments: An overview." In. *Fate and Effects of Sediment-Bound Chemicals in Aquatic Systems*. Dickson, K.L., A.W. Maki and W.A. Brungs (Eds.), Pergamon Press, New York.
- Miller-Way, T. and Twilley, R.R. 1996. Theory and operation of continuous flow systems for the study of benthic-pelagic coupling. *Marine Ecology Progress Series* 140: 257-269.
- Rizzo, W.M., Lackey, G.J. and Christian, R.R. 1992. Significance of euphotic, subtidal sediments to oxygen and nutrient cycling in a temperate estuary. *Marine Ecology Progress Series* 86: 51-61.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada. 310 pp.
- Teague, K. Madden, C.J. and Day, J.W. 1988. Sediment-water oxygen and nutrient fluxes in a river-dominated estuary. *Estuaries*, vol. 1, No. 1, 1-9.

การแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างคลองปากนครและอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Exchange of nutrients between Klong Paknakorn and Pak Phanang Bay, Nakhon Si Thammarat Province

สุริยันท์ สารมุล
กัลยา วัฒนยากร

Suriyan Saramul
Gullaya Wattayakorn

Abstract

Nutrient flux study was conducted at Paknakorn Estuary (Lat. $08^{\circ} 28.27' N$ Long. $100^{\circ} 03.69' E$), Nakhon Si Thammarat Province during the wet season (October 2000) and the dry season (April 2001). It was found that all nutrients (nitrate+nitrite, ammonia, organic nitrogen, phosphate and organic phosphorus) were transported out from Paknakorn estuary to Pak Phanang Bay in the wet season, together with fresh water runoff. However, in the dry season most nutrients were found to influx from the Pak Phanang Bay into the Paknakorn estuary, except for nitrate + nitrite which still show a seaward direction in the dry season. Salt and suspended solid fluxes show similar trend to those of the nutrients, being transported out to the bay during the wet season and transported into the estuary during the dry season. Net cross-sectional discharge of water was found to be 7.96×10^5 (seaward direction) and 1.22×10^6 (landward direction) cubic meter per day in the wet and dry season respectively. Due to a much larger amount of seawater intruded into the estuary during the dry season as compared to the wet season, hence salt flux in the dry season (1.71×10^7 kilogram per day) was found to be higher than that in the wet season (8.77×10^5 kilogram per day).

Key words: Nutrient flux/Estuary/Seasons

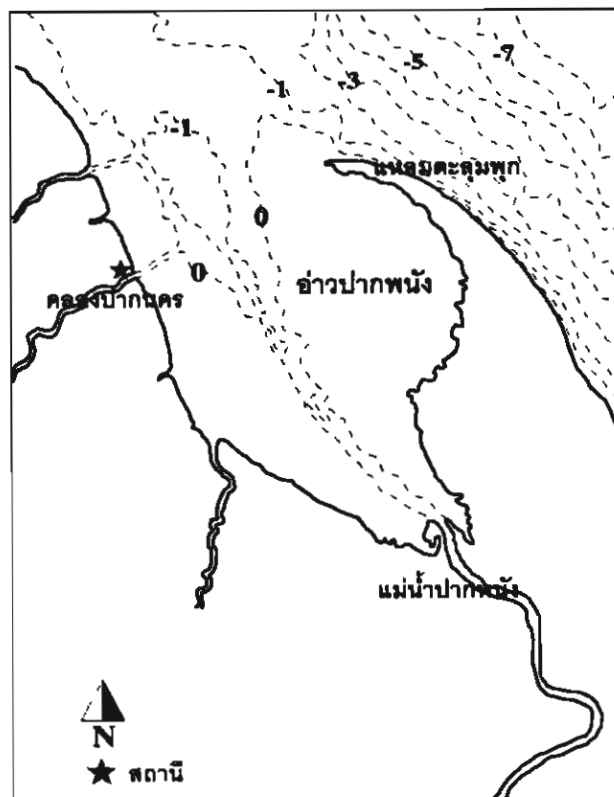
บทคัดย่อ

ศึกษาฟลักซ์ของสารอาหาร ในบริเวณเอสตูรีคลองปากนคร (พิกัด $08^{\circ} 28.27' N$ $100^{\circ} 03.69' E$) จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทำการเก็บข้อมูลใน 2 ฤดู คือ ฤดูน้ำหลาก (ตุลาคม 2543) และฤดูแล้ง (เมษายน 2544) ผลการศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารพบว่า ในฤดูน้ำหลากอิทธิพลของน้ำจืดจากแผ่นดินทำให้ฟลักซ์ของสารอาหารทุกตัว (ไนเตรท+ไนไตรท์ แอมโมเนีย ไนโตรเจนอินทรีย์ ฟอสเฟต และฟอสฟอรัสอินทรีย์) ถูกพัดพาไหลออกสู่อ่าวปากพนัง ส่วนในฤดูน้ำแล้ง ฟลักซ์ของสารอาหารทุกตัวมีทิศไหลเข้าจากอ่าวปากพนังสู่คลองปากนคร ยกเว้นสารอาหาร ไนเตรท + ไนไตรท์ ซึ่งพบว่ามีการพัดพาออกสู่อ่าวปากพนังทั้งสองฤดูกาล สำหรับฟลักซ์ของเกลือและตะกอนแขวนลอย มีการพัดพาออกสู่อ่าวปากพนังในฤดูน้ำหลาก และไหลเข้าสู่คลองปากนครในช่วงฤดูแล้งเช่นเดียวกับฟลักซ์ของสารอาหารตัวอื่น ๆ อัตราการไหลของน้ำสุทธิ มีค่า 7.96×10^5 (ไหลออก) และ 1.22×10^6 (ไหลเข้า) ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้งน้ำทะเลหนุนเข้าไปถึงในคลองปากนครได้มากกว่าช่วงฤดูน้ำหลาก จึงทำให้ฟลักซ์ของเกลือในฤดูแล้งสูงตามไปด้วย คือมีค่า 1.71×10^7 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนในฤดูน้ำหลาก มีค่าเพียง 8.77×10^5 กิโลกรัมต่อวัน

คำหลัก: ฟลักซ์ของสารอาหาร/เอสทรี/ฤดูกาล

คำนำ

อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตั้งอยู่ระหว่างพิกัด $08^{\circ} 21' - 08^{\circ} 30' N$ และ $100^{\circ} 03' - 100^{\circ} 12' E$) เป็นอ่าวที่อยู่ริมฝั่งตะวันออกของภาคใต้ โดยมีแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่ทะเลคือ แม่น้ำปากพนัง อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และมีแม่น้ำสายรองคือ คลองปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แผนที่อ่าวปากพนัง (ดาวสีแดงเป็นจุดเก็บตัวอย่าง บริเวณคลองปากนคร)

อ่าวปากพนังมีพื้นที่ประมาณ 155 ตารางกิโลเมตร บริเวณร่องน้ำมีความกว้างประมาณ 400 - 600 เมตร ถัดจากร่องน้ำจะเป็นส่วนที่เป็นโคลนทั้งสองฝั่ง คือเมื่อน้ำลดจะมองเห็นทะเลโคลนโผล่ขึ้นมาให้เห็น อ่าวปากพนังเป็นอ่าวตื้น ๆ ดินท้องน้ำมีลักษณะเป็นโคลนล้อมรอบด้วยแผ่นดินทั้ง 2 ด้าน คือ ทางตะวันตกเป็นแผ่นดินใหญ่ ที่เป็นตัวจังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนทางตะวันออก เป็นแผ่นดินที่ยื่นออกไปสู่ทะเล (Sand Spit) เรียกว่า แหลมตะคอก มีป่าชายเลนขึ้นอยู่รอบ ๆ อ่าวทั้งสองฝั่ง ส่วนใหญ่เป็นป่าที่ปลูกขึ้นใหม่โดยกรมป่าไม้

สภาพการขึ้นลงของระดับน้ำบริเวณปากแม่น้ำจะได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของระดับน้ำในทะเล และจากอัตราการไหลของน้ำจากต้นน้ำต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น และการขึ้นลงของน้ำทะเลจะมีลักษณะเป็นแบบน้ำผสม (Mixed tide) จากการศึกษาโดยวิเคราะห์ระดับน้ำขึ้นน้ำลงโดยวิธีเชิง Non-harmonic ที่สถานีปากนคร และสถานีปากพนัง พบว่า ที่ปากนครระดับน้ำสูงสุด 1.45 - 1.58 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ส่วนที่ปากพนังระดับน้ำสูงสุด 1.44 - 1.23 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง สำหรับการกระจายรายเดือนของลักษณะ non-harmonic ของการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลที่สถานีปากนคร และปากพนัง พบว่า ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ระดับ

น้ำจะสูงสุดและต่ำสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม โดยมีระยะต่างกันประมาณ 0.40 – 0.50 เมตร (กรมชลประทาน, 2537)

จากรูปที่ 1 อ่าวปากพนังด้านที่ติดแผ่นดินใหญ่และด้านที่ติดกับ sand spit พบว่าเป็นหาดเลน (mud flat) ที่น้ำท่วมถึงเวลาน้ำขึ้น และไหลเวลาน้ำลง และการทับถมของดินตะกอนดังกล่าว เกิดจากการเคลื่อนตัวของทรายตามแนวชายฝั่งซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยอิทธิพลของลม คลื่น และกระแสน้ำ และจะมีส่วนร่อนน้ำตรงกลางอ่าวเท่านั้นที่เรือใหญ่สามารถเดินทางผ่านเข้าออกปากพนังได้



รูปที่ 2 หมู่บ้านที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำปากนครตั้งแต่ปากน้ำจนถึงต้นน้ำที่หมู่บ้านท่าเรือ

คลองปากนครเป็นคลองสาขา ที่ตั้งอยู่บริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวปากพนัง มีความยาวประมาณ 29 กิโลเมตร สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำมีค่าโดยประมาณ 150 ตารางกิโลเมตร (Land Development Department, 2001) คลองปากนครไหลผ่านอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (รูปที่ 2) และได้รับน้ำเสียจากบ้านเรือน การเกษตรกรรม นาทุ่ง รวมทั้งโรงงานปลาป่นที่ตั้งอยู่ริมสองฝั่งคลอง (ตารางที่ 1) ก่อนที่จะไหลลงสู่อ่าวปากพนังที่หมู่บ้านปากนครบน ตำบลปากนคร ดังนั้นอ่าวปากพนังจะได้รับสารอาหารทั้งจากในทะเลเองในช่วงเวลาน้ำขึ้น และจากแม่น้ำปากพนัง และคลองสายเล็ก ๆ ต่าง ๆ รวมทั้งคลองปากนครในช่วงเวลาน้ำลง จึงควรมีการศึกษาการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างคลองปากนครและอ่าวปากพนังดังกล่าว เพื่อนำข้อมูลที่ได้อธิบายไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาอ่าวปากพนังต่อไป

ตารางที่ 1 กิจกรรมการใช้ที่ดินของชาวบ้านที่อยู่ทั้งสองริมแม่น้ำปากนครตั้งแต่หมู่บ้านปากนครบน
อำเภอเมืองจนถึงหมู่บ้านท่าเรือ กิ่งอำเภอพระพรหม (Land Development Department, 2001)

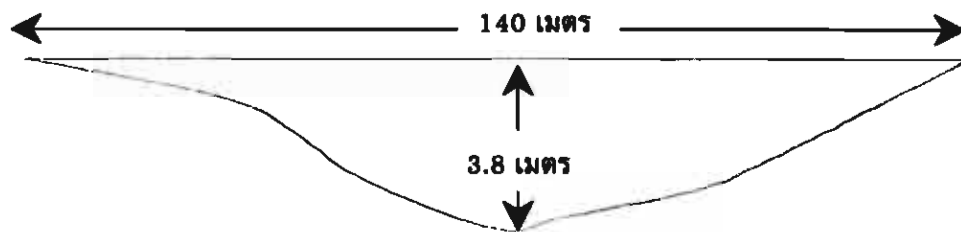
หมู่บ้าน	กิจกรรมการใช้ที่ดิน
ปากนครบน-ปากน้ำปากนคร	มีการตั้งบ้านเรือนริมแม่น้ำหนาแน่น จะพบการทำนาทุ่ง เป็นส่วนมาก มีป่าชายเลนที่โดนทำลายเพื่อทำนาทุ่ง และมีพื้นที่เป็นสวนมะพร้าวบางแห่ง
ปากน้ำปากนคร-คลองขุด	พบการทำนาทุ่งได้ทั่วไป ในบริเวณที่เป็นป่าชายเลน (ป่าโกงกาง) แต่ไม่มากเท่ากับบริเวณหมู่บ้านปากนคร มีพื้นที่เป็นป่าไผ่ พบย่านอุตสาหกรรมระหว่างหมู่บ้านทั้งสอง
คลองขุด-ตากแดด	พบว่ามีการทำนาทุ่งบ้าง แต่ส่วนมากจะมีการทำนาข้าว โดยมีบางส่วนที่เป็นสวนมะพร้าว ชาวบ้านนิยมปลูกมะพร้าวในตัวหมู่บ้าน มีสวนผสม
ตากแดด-หัวตรุด	พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นนาข้าว มีสวนมะพร้าวบ้าง
หัวตรุด-ท่าเรือ	พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นนาข้าว มีพื้นที่ลุ่มน้ำขังบ้าง และพบสวนมะพร้าวตามหมู่บ้าน

การศึกษาครั้งนี้ จะเน้นการศึกษาฟลักซ์การนำเข้าและส่งออกของสารอาหารในช่วงวัฏจักรการขึ้น-ลงของน้ำทะเล โดยสารอาหารจะศึกษา แอมโมเนีย, ไนเตรท + ไนไตรท์, อินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, อินทรีย์ฟอสเฟต, ฟอสฟอรัสแขวนลอย และซิลิเกต รวมทั้งศึกษาฟลักซ์ของเกลือและตะกอนแขวนลอยด้วย โดยจะทำการเก็บข้อมูลบริเวณปากคลองปากนคร (รูปที่ 1) ใน 2 ฤดู คือฤดูน้ำหลาก (เดือนตุลาคม 2543) และฤดูน้ำน้อย (เดือนเมษายน 2544)

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาฟลักซ์การนำเข้าและส่งออกของสารอาหารและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำปากนคร(พิกัด $08^{\circ} 28.27' N 100^{\circ} 03.69' E$) ในเดือนตุลาคม 2543 และเดือนเมษายน 2544 โดย

1. ทำการวัดพื้นที่ภาคตัดขวางของปากคลองปากนคร ขณะที่น้ำขึ้นสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จาก Echo sounder (X-16 Computer Sonar Lowrance) หลังจากนั้น
2. ณ บริเวณที่ศึกษา วัดระดับความลึกของน้ำด้วยคัมดั่งง้ำน้ำหนก วัดความเร็วของกระแสด้วยเครื่อง Electromagnetic Flow Velocity Meter (Partech Electronics Ltd., U.K.) วัดอุณหภูมิ และความเค็ม ด้วยเครื่อง Salinity-Temperature Meter Model 30 (YSI) และวัดตะกอนแขวนลอยด้วยเครื่อง Suspended Solids Monitor Model 7000 3RP (Partech Electronics Ltd., U.K.) ตลอดจนเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารอาหารไนโตรเจน, ฟอสฟอรัสและซิลิเกต ตามวิธีของ Strickland & Parsons (1972) โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนครบรอบวัฏจักรน้ำขึ้น-น้ำลง เป็นเวลา 25 ชั่วโมง โดยในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ดังกล่าวเพียง 2 ระดับความลึก



รูปที่ 3 ภาคตัดขวางบริเวณปากแม่น้ำปากนคร และระดับความลึกของจุดเก็บตัวอย่างขณะน้ำขึ้นสูงสุด

นำข้อมูลพื้นที่ภาคตัดขวางของลำน้ำและความเร็วของกระแสน้ำที่วัดได้มาคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำในแต่ละชั่วโมงที่ทำการตรวจวัด จากนั้นจึงนำค่าอัตราการไหลของน้ำที่ได้ไปคำนวณหาฟลักซ์สุทธิของเกลือ ฟลักซ์สุทธิของตะกอนแขวนลอย และ ฟลักซ์สุทธิของสารอาหาร ตามวิธีของ Kjerve *et al.* (1981) ต่อไป

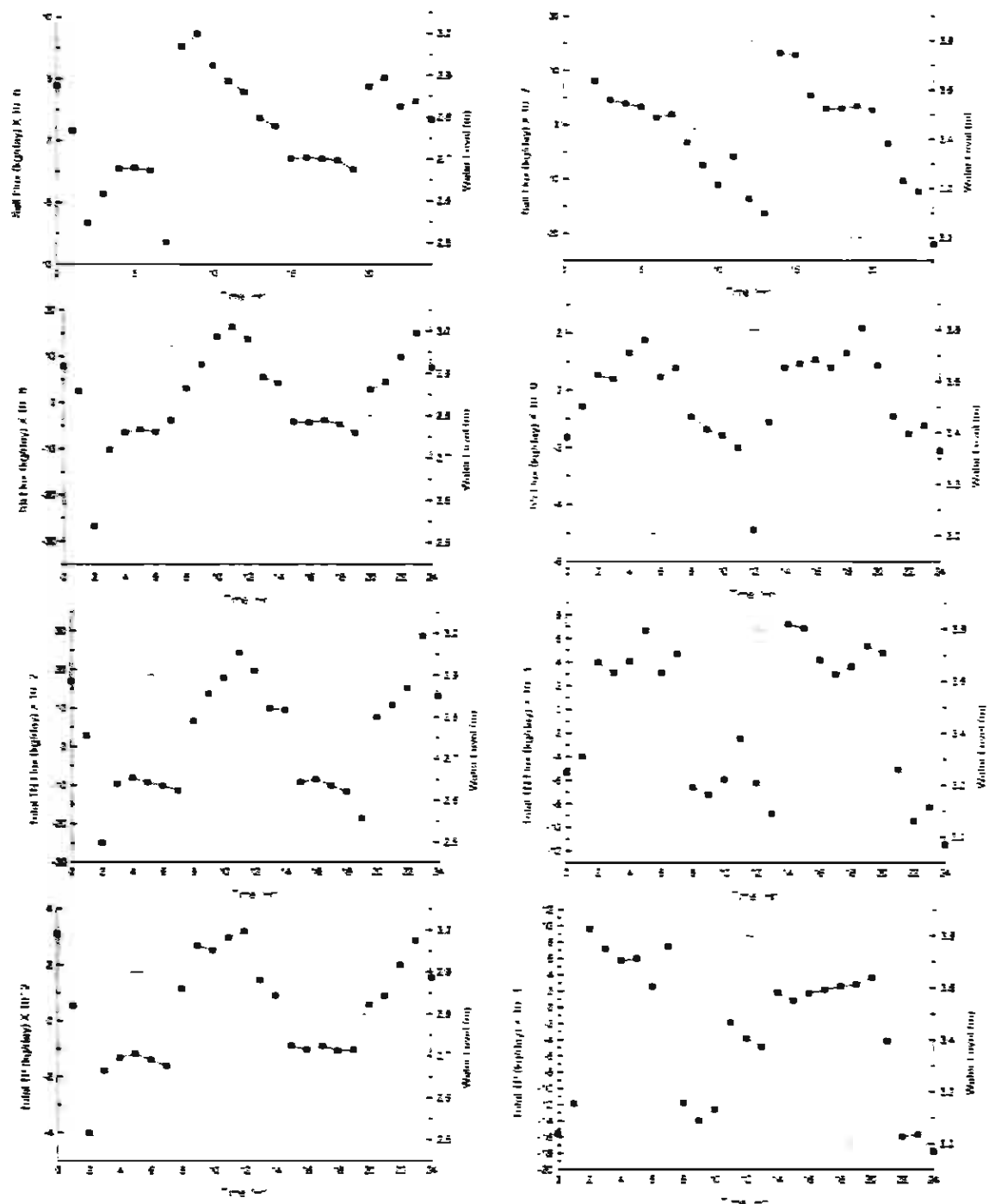
ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาอัตราการไหลสุทธิของน้ำ ฟลักซ์สุทธิของเกลือ และฟลักซ์สุทธิของสารอาหารในฤดูน้ำหลาก และฤดูน้ำน้อย แสดงในตารางที่ 2 เมื่อนำข้อมูลฟลักซ์ของเกลือสุทธิ ฟลักซ์สุทธิของสารอาหาร (เช่นไนโตรเจน และ ฟอสเฟต) และ ตะกอนแขวนลอยมาพล็อตเทียบกับเวลาใน 1 รอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง ได้ผลดังรูป 4

ตารางที่ 2 อัตราการไหลสุทธิของน้ำ (Q), ฟลักซ์สุทธิของเกลือ, และฟลักซ์สุทธิของสารอาหารในฤดูน้ำหลาก และฤดูน้ำน้อย

ฟลักซ์สุทธิ	ฤดูน้ำหลาก (ตุลาคม 2543)	ฤดูแล้ง (เมษายน 2544)
Q (m ³ .day ⁻¹)	7.96X10 ⁵	-1.22X10 ⁶
เกลือ (kg.day ⁻¹)	8.77X10 ⁵	-1.71X10 ⁷
แอมโมเนีย (kg.day ⁻¹)	1.07X10 ²	-2.35X10 ²
ไนเตรท + ไนไตรท์ (kg.day ⁻¹)	2.84X10 ¹	1.04X10 ¹
อนินทรีย์ไนโตรเจน (kg.day ⁻¹)	1.35X10 ²	-2.25X10 ²
อินทรีย์ไนโตรเจน (kg.day ⁻¹)	1.26X10 ²	-5.93X10 ²
ฟอสเฟต (kg.day ⁻¹)	3.12X10 ¹	-2.96X10 ¹
อินทรีย์ฟอสฟอรัส (kg.day ⁻¹)	9.91	-3.04X10 ¹
ซิลิเกต (kg.day ⁻¹)	2.35X10 ³	-7.00X10 ²
ฟอสฟอรัสแขวนลอย (kg.day ⁻¹)	1.66X10 ¹	-1.43X10 ¹
ตะกอนแขวนลอย (kg.day ⁻¹)	1.24X10 ⁸	-2.70X10 ⁸

หมายเหตุ + หมายถึงมีทิศไหลออกจากคลอง, - หมายถึงมีทิศไหลเข้าสู่คลอง



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงฟลักซ์ของเกลือ ตะกอนแขวนลอย ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม (เส้นสีแดง) บริเวณปากคลองปากนครในฤดูน้ำหลาก (ตุลาคม 2543) ฤดูน้ำขึ้น และฤดูแล้ง (เมษายน 2544) ฤดูน้ำขึ้นตามลำดับ เส้นสีน้ำเงินแทนระดับน้ำ (เมตร)

อัตราการไหลสุทธิของน้ำ ในช่วงเดือนตุลาคม 2543 ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำหลาก มีค่าฟลักซ์สุทธิ 7.96×10^5 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีทิศไหลออกจากคลองปากนครสู่อ่าวปากพนัง ส่วนในเดือนเมษายน 2544 ซึ่งเป็นฤดูน้ำน้อย มีค่าฟลักซ์สุทธิ 1.22×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีทิศไหลจากอ่าวปากพนังเข้าสู่ปากคลองปากนคร ฟลักซ์สุทธิของเกลือ, แอมโมเนีย, ไนเตรท + ไนไตรท์, อนินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, อินทรีย์ฟอสฟอรัส, ซิลิเกต, ฟอสฟอรัสแขวนลอย, และตะกอนแขวนลอยในฤดูน้ำหลาก มีค่า 8.77×10^5 , 1.07×10^2 , 2.84×10^1 , 1.35×10^2 , 1.26×10^2 , 3.12×10^1 , 9.91, 2.35×10^3 , 1.66×10^1 , 1.24×10^5 , กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ โดยมีทิศไหลออกจากคลองปากนครสู่อ่าวปากพนังทั้งหมด ส่วนฤดูแล้งมีค่า 1.71×10^7 , 2.35×10^2 , 1.04×10^1 , 2.25×10^2 , 5.93×10^2 , 2.96×10^1 , 3.04×10^1 , 7.00×10^2 , 1.43×10^1 , 2.70×10^5 , กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ โดยมีทิศไหลจากอ่าวปากพนังสู่คลองปากนครทั้งหมด ยกเว้น ไนเตรท + ไนไตรท์ ที่มีทิศไหลออกสู่อ่าวปากพนัง

การเปรียบเทียบฟลักซ์สุทธิของสารอาหารต่อพื้นที่ (drainage area) จากการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาบริเวณคลองหวาง จ. ระนอง (สุภาพร รักเขียว, 2533) คลองลัดเขาวัว จ. พังงา (Wattayakom, 1996) และ แม่น้ำตาปี จ. สุราษฎร์ธานี (สมภพ เหลืองกังวานกิจ, 2541) (ตารางที่ 3) พบว่ารูปแบบการแลกเปลี่ยนสารอาหารของคลองปากนคร และแม่น้ำตาปีค่อนข้างคล้ายกัน และต่างจากรูปแบบการแลกเปลี่ยนสารอาหารของคลองบริเวณป่าชายเลนเช่นคลองหวาง และคลองลัดเขาวัว (ซึ่งเป็นบริเวณป่าธรรมชาติ ค่อนข้างสมบูรณ์ทั้งสองแห่ง) โดยคลองบริเวณป่าชายเลนมีการนำออกของสารอาหารสู่น้ำทะเลชายฝั่งทั้งสองฤดูกาล ขณะที่แม่น้ำตาปีและคลองปากนครจะมีการส่งออกของสารอาหารสู่น้ำทะเลชายฝั่งในช่วงน้ำหลาก และรับสารอาหารจากทะเลชายฝั่งในช่วงฤดูแล้ง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบฟลักซ์ของสารอาหารต่อพื้นที่ (drainage area) ในการศึกษาครั้งนี้ (คลองปากนคร) และบริเวณอื่น ๆ (หน่วย $\text{kg}/\text{km}^2/\text{day}$)

สารอาหาร	คลองหวาง (Drainage area 30 km^2)		คลองลัดเขาวัว (Drainage area 6 km^2)		แม่น้ำตาปีตอนล่าง (Drainage area 678 km^2)		คลองปากนคร (Drainage area 1 50 km^2)	
	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
แอมโมเนีย	N/A	N/A	+1.64	+8.30	-1.24	+0.24	-1.57	+0.71
ไนเตรท-ไนไตรท์	+0.14	+2.20	+0.70	+2.00	-0.66	-0.45	+0.07	+0.20
ไนโตรเจนอินทรีย์	N/A	N/A	+297	+166	-1.12	N/A	-3.95	+0.84
ไนโตรเจนรวม*	+18.1	+67.4	N/A	+176	N/A	N/A	N/A	N/A
ฟอสเฟต	+0.30	+1.94	+1.62	-0.28	-0.05	+0.09	-0.20	+0.21
อินทรีย์ฟอสฟอรัส	N/A	N/A	-0.98	+2.54	-0.28	-0.23	-0.20	+0.07
ฟอสฟอรัสรวม*	+2.10	+4.40	+0.63	+2.26	-0.45	+0.42	-0.40	+0.38

หมายเหตุ + หมายถึงมีทิศไหลออกจากคลอง, - หมายถึงมีทิศไหลเข้าสู่คลอง, N/A หมายถึงไม่มีผลการศึกษา

* ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม หมายถึง dissolve N (or P) + particulate N (or P)

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ามีการแลกเปลี่ยนสารอาหาร เกลือ และตะกอนแขวนลอย ระหว่างคลองปากนคร และอ่าวปากพนัง โดยสารอาหารจะถูกพัดพาออกจากคลองปากนคร สู่อ่าวปากพนังในช่วงฤดูน้ำหลาก และจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับอ่าวปากพนัง ส่วนในฤดูแล้งสารอาหารส่วนใหญ่ (ยกเว้นไนเตรท + ไนโตรเจน) จะถูกนำเข้ามาจากอ่าวปากพนังสู่คลองปากนคร และช่วยเสริมความอุดมสมบูรณ์ให้คลองปากนครในช่วงเวลาดังกล่าวเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2537. การศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนครศรีธรรมราช. ร่างรายงานฉบับสุดท้าย การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม เสนอโดย บริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด, บริษัท เซ้าท์อีสต์เอเชียเทคโนโลยี จำกัด, บริษัท ครีเอทีฟ เทคโนโลยี จำกัด.
- สุภาพร รักเขียว. 2533. การกระจายและฟลักซ์ของธาตุอาหารในป่าชายเลนคลองหงาว จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมภพ เหลืองกังวานกิจ. 2541. พฤติกรรมและฟลักซ์ของสารอาหารในบริเวณเอสทูรีแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Kjerfve, B., Stevenson, L. H., Proehl, J. A., Chrzanowski, T. H., and Kitchen, W. M. 1981. Estimation of Material fluxes in an Estuary Cross Section A Critical Analysis of Spatial Measurement Density Error. *Limnol Oceanogr* 26: 325-335.
- Land Development Department. 2001. DLD System V2.0 Program[Online]. Land Development Department. Available from: http://www.ddd.go.th/Web_DLD_System/lddsystem/download.html [2001, July 9]
- Strickland and Parsons. 1972. Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada. pp. 49-135.
- Wattayakorn, G. 1996. Effects of Shrimp Ponds on Nutrient Export from Mangroves in Thailand. Proc. of the IOC-WESTPAC, Third International Scientific Symposium, 22-26 Nov. 1994, Bali, Indonesia, pp.129-137.

สถานภาพสารอาหารในอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Nutrient Status in Pak Phanang Bay, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

กัลยา วัฒยากร

Gullaya Wattayakorn

Abstract

Distribution, behaviour and mass balance of nutrients in the Pak Phanang Bay were carried out in order to assess biogeochemical processes occurring in the system. In general, dissolved organic nitrogen was found to be more abundant in concentration than dissolved inorganic nitrogen in the bay. Ammonium was found to be more abundant than nitrate and nitrite. In the dry season, nitrogen is the limiting nutrient in supporting phytoplankton growth whereas phosphorus is limiting in the wet season. Plotting of nutrient concentrations against salinity in the bay suggesting that ammonium, nitrate and phosphate behave non-conservatively during estuarine mixing in the wet season, while silicate shows a more or less conservative behaviour in the bay. Nutrient budgets indicate a net production of ammonium, nitrate, phosphate and dissolved organic phosphorus, and a net sink for dissolved organic nitrogen within the system. Nutrient fluxes were in the same order of magnitude for both the wet and dry seasons. In general, the system appears to denitrify in excess of fixing nitrogen and to be net heterotrophic in the wet season. In the dry season, the Pak Phanang bay is a net autotrophic system.

Key words: *Distribution/Behavior/Nutrients/Bay*

บทคัดย่อ

ศึกษาการกระจาย พฤติกรรม และสมดุลของสารอาหารในอ่าวปากพนังเพื่อประเมินกระบวนการชีวธรณีเคมีที่เกิดขึ้นในอ่าว ผลการศึกษาพบว่าโดยทั่วไปน้ำทะเลบริเวณอ่าวปากพนังมีไนโตรเจนอินทรีย์ ในปริมาณที่สูงกว่าไนโตรเจนอนินทรีย์ โดยไนโตรเจนอนินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออนมากกว่าไนเตรตและไนไตรท์ น้ำในอ่าวปากพนัง มีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดในการเพิ่มจำนวนของประชาคมแพลงก์ตอนพืช ในช่วงฤดูน้ำหลาก และมีฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดในช่วงฤดูแล้ง ในระหว่างการผสมผสานของน้ำจืดและน้ำทะเลในอ่าวปากพนังในฤดูน้ำหลากสารอาหารแอมโมเนียม ไนเตรต และฟอสเฟต แสดงพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์ ส่วนซิลิเคตมีพฤติกรรมแบบอนุรักษ์ ในอ่าวปากพนังมีการเพิ่มขึ้นของสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทุกรูปแบบ ยกเว้นไนโตรเจนอินทรีย์ที่มีการหายไปจากระบบ โดยฟลักซ์ของสารอาหารที่เพิ่มขึ้นในอ่าวปากพนังมีอัตราใกล้เคียงกันทั้งสองช่วงฤดูกาล โดยทั่วไปแล้วอ่าวปากพนังเป็นระบบนิเวศแบบ net denitrifying system โดยอัตราการสูญเสียไนโตรเจนไปจากระบบโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันสูงกว่าอัตราการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และเป็นระบบนิเวศแบบ heterotrophic ในฤดูน้ำหลาก ส่วนในช่วงฤดูแล้งอ่าวปากพนังเป็นระบบแบบ autotrophic system

คำหลัก: *การกระจาย/พฤติกรรม/สารอาหาร/อ่าว*

คำนำ

อ่าวปากพนังตั้งอยู่ทางฝั่งทะเลด้านตะวันออกของจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นอ่าวตื้นซึ่งต่อเนื่องกับอ่าวไทย พื้นที่ผิวน้ำของอ่าวปากพนังประมาณ 155 ตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำปากพนังในอดีตมักเกิดปัญหาการรุกตัวของน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้งอยู่เสมอ ทั้งนี้เพราะท้องแม่น้ำมีความลาดชันน้อยมาก และบางช่วงความลาดชันเกือบเป็นศูนย์ นอกจากนี้การที่พื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำมีลักษณะค่อนข้างราบแบน ประกอบกับคลองธรรมชาติมีลักษณะตื้นเขิน ทำให้ระบายน้ำได้ไม่รวดเร็วเท่าที่ควร จึงทำให้เกิดอุทกภัยในพื้นที่ดังกล่าวเป็นบริเวณกว้างอยู่เสมอ กรมชลประทานจึงได้ดำเนินการก่อสร้างประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ (ประตูระบายน้ำปากพนัง) ขึ้นที่บ้านบางปี อำเภอปากพนัง เพื่อป้องกันการรุกตัวของน้ำเค็ม และบรรเทาความขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร อุปโภคและบริโภค ตลอดจนบรรเทาอุทกภัยเพื่อให้ความเป็นอยู่เศรษฐกิจและสังคมของราษฎรในพื้นที่ดีขึ้นตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (กรมชลประทาน 2537) อย่างไรก็ตามเป็นที่กังวลกันว่า การสร้างประตูระบายน้ำที่บริเวณปากแม่น้ำปากพนังอาจทำให้ระบบนิเวศของอ่าวปากพนังและเอสตูรีแม่น้ำปากพนังเปลี่ยนไป ตลอดจนอาจมีผลกระทบต่อประมง และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบริเวณดังกล่าว

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินสถานภาพของสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซิลิคอน ในอ่าวปากพนัง ในแง่ของการกระจาย และพฤติกรรมการละลาย ตลอดจนสมดุลของสารอาหารเหล่านั้น เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการทางชีวธรณีเคมีที่เกิดขึ้นกับสารอาหารในอ่าวปากพนัง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ตลอดจนการวางแผนจัดการสภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

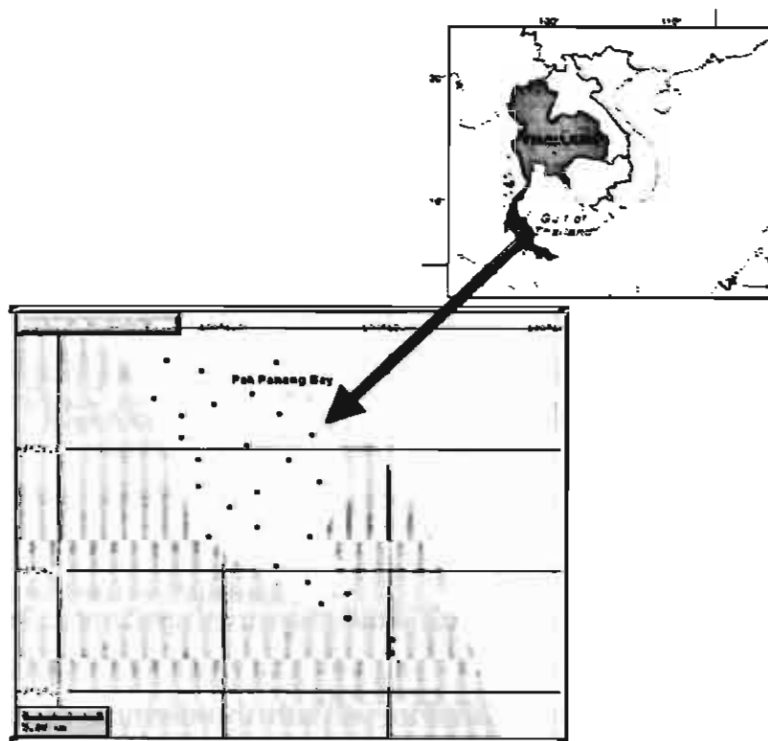
พื้นที่ที่ทำการศึกษา ได้แก่บริเวณอ่าวปากพนัง ตั้งแต่ประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ จนถึงบริเวณปากอ่าว ซึ่งมีความลึกของน้ำบริเวณปากแม่น้ำประมาณ 5-6 เมตร ส่วนความลึกของน้ำในอ่าวปากพนังบริเวณร่องน้ำกลางอ่าวมีค่าประมาณ 1-2 เมตร กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างน้ำในอ่าวปากพนังจำนวน 25 สถานี และบริเวณเหนือประตูระบายน้ำ 3 สถานี (รูปที่ 1) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากสถานีที่กำหนดที่กึ่งกลางระดับความลึกของน้ำ (เก็บตัวอย่างน้ำที่ 2 ระดับความลึก ในกรณีที่น้ำมีความลึกมากกว่า 3 เมตร) นำมาวิเคราะห์สารอาหารส่วนที่ละลายน้ำประเภทไนโตรเจน (ในรูปแอมโมเนียม ไนเตรท (ไนเตรท + ไนไตรท์) และอินทรีย์ไนโตรเจน) ฟอสฟอรัส (ในรูปฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสฟอรัส) และซิลิคอน (ในรูปซิลิเกต) โดยวิธีวิเคราะห์สารอาหารในน้ำทะเล (Strickland and Parsons, 1972) และทำการตรวจวัดปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-เบส และปริมาณออกซิเจนละลาย ทุกสถานีที่เก็บตัวอย่างน้ำทะเล ดำเนินการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 3 ครั้ง ในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม 2543 ถึงเมษายน 2545

ผลและวิจารณ์ผล

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

โดยทั่วไปคุณภาพน้ำในช่วงที่ทำการศึกษพบว่าอยู่ในเกณฑ์ดี (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามในบางสถานีที่สำรวจ พบว่าน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายค่อนข้างต่ำ ($DO\ 0.3 - 2.3\ \text{mg/l}$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใกล้แหล่งชุมชน หรือแพปลา และน้ำชั้นล่างบริเวณเหนือประตูระบายน้ำ (ตารางที่ 2) ซึ่งน้ำถูกกักเก็บไว้ ทำให้ไม่เกิดการผสมผสานกับน้ำทะเลตามธรรมชาติ ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงมากเนื่องจากถูกนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มาก

กว่าได้รับชดเชยมาจากการผสมผสานกับน้ำทะเลข้างนอก นอกจากนี้ น้ำเหนือประตูระบายน้ำยังมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.3 - 6.4) เนื่องจากตอนบนของแม่น้ำปากพนังเป็นป่าพรุควนเคร็ง ซึ่งดินมีสภาพเป็นดินกรด ทำให้น้ำในแม่น้ำปากพนังมีสภาพเป็นกรดอ่อนๆ ไปด้วย สำหรับเดือนเมษายน 2545 พบว่าน้ำมีค่า pH สูงขึ้นกว่าครั้งก่อนๆ (pH 7.4) อาจเนื่องจากในช่วงเวลาที่ศึกษามีน้ำทะเลซึมผ่านรอยต่อของประตูระบายน้ำเข้าไปได้ (หรือมีการซำรุดของประตูระบายน้ำ??) (ในเดือนเมษายน 2545 พบว่าความเค็มของน้ำเหนือประตูระบายน้ำมีค่าสูงกว่าปกติด้วย โดยน้ำชั้นล่างมีความเค็มประมาณ 23 psu) น้ำเหนือประตูระบายน้ำจึงผสมผสานกับน้ำทะเลซึ่งมีค่า pH สูงกว่า (pH 8 - 8.2) ทำให้น้ำบริเวณดังกล่าวมีสภาพความเป็นกรดลดลงจนมีสภาพเป็นกลาง



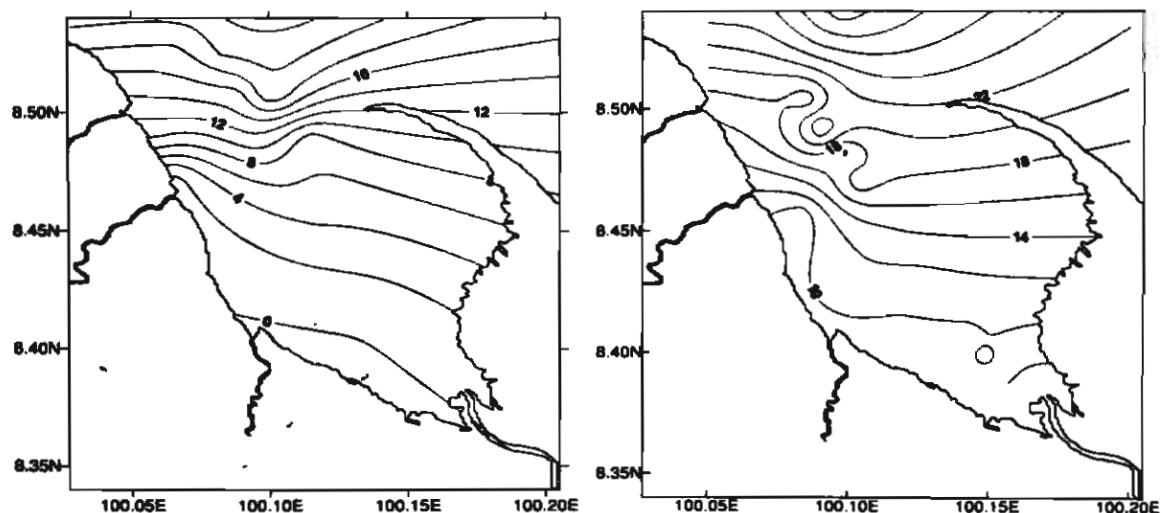
รูปที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำในอ่าวปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

ในช่วงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นฤดูน้ำหลาก และมีการเปิดประตูระบายน้ำเพื่อปล่อยน้ำจืดจากแม่น้ำปากพนังลงสู่ทะเล พบว่าน้ำในอ่าวปากพนังและเอสทรีแม่น้ำปากพนังมีความเค็มอยู่ในช่วง 0 - 30 psu โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10 psu ซึ่งเป็นช่วงความเค็มปกติที่มักพบทั่วไปในบริเวณเอสทรี ที่มีการผสมผสานของน้ำจืดและน้ำทะเลตามธรรมชาติ ส่วนเดือนเมษายนซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง จึงไม่มีการเปิดประตูเพื่อระบายน้ำจืด เนื่องจากต้องการเก็บกักน้ำไว้ใช้ในกิจกรรมอื่น ดังนั้นการผสมผสานของน้ำจืดกับน้ำทะเลในอ่าวปากพนังจึงเกิดได้น้อย โดยมีน้ำจืดจากคลองปากนครไหลออกสู่อ่าวปากพนังบ้างแต่ไม่มากนัก ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในอ่าวปากพนังในช่วงนี้อยู่ระหว่าง 15 - 30 psu ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของน้ำในอ่าวช่วงก่อนที่มีการสร้างประตูระบายน้ำ (เมษายน 2537) และพบว่าน้ำในอ่าวปากพนังในเดือนเมษายน 2545 มีความเค็มสูงกว่าเดือนเมษายน 2544 ค่อนข้างมาก (ตาราง ที่ 1) สาเหตุของการเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำทะเลในอ่าวปากพนังในช่วงเดือนเมษายน 2544 และ เมษายน 2545 ซึ่งเป็นช่วงหน้าแล้ง อาจเนื่องจากอัตราการระเหยน้ำที่สูง และการที่ไม่มีน้ำจืดจากแม่น้ำปากพนังตอนบนมาช่วยเจือจางความเค็มในช่วงเวลาดังกล่าว สำหรับค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส และปริมาณออกซิเจนละลายในอ่าวปากพนัง พบว่ายังไม่มี ความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดนัก ระหว่างช่วงก่อนและหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำ

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

พารามิเตอร์	อ่าวปากพนัง-เอสทูรีแม่น้ำปากพนัง			
	ตุลาคม 2543	เมษายน 2544	เมษายน 2545	เมษายน 2537*
อุณหภูมิของน้ำ (°C)	29.6 - 31.1 (30.0)	31.8 - 35.8 (32.7)	30.2 - 32.6 (31.8)	33.1 - 33.5 (33.2)
ความเค็ม (psu)	0 - 30 (10.0)	1.4 - 29.5 (15.3)	19.6 - 32.2 (30.1)	0.5 - 32 (11.1)
ความเป็นกรด - เบส	6.3 - 8.4 (7.4)	7.0 - 8.8 (8.0)	7.1 - 8.2 (7.7)	(6.7 - 8.3) (7.8)
ออกซิเจนละลาย (มก/ล)	2.3 - 7.4 (4.6)	1.5 - 5.3 (3.1)	0.3 - 6.4 (4.2)	3.3 - 7.0 (4.9)
แอมโมเนียม (ไมโครโมล)	1.4 - 17.3 (6.4)	11.9 - 38.0 (21.3)	3.1 - 54.5 (12.8)	16.3 - 40.6 (25.0)
ไนเตรท (ไมโครโมล)	0.33 - 4.12 (1.2)	1.15 - 2.73 (1.8)	0.3 - 17.4 (2.2)	0.57 - 7.4 (3.9)
ไนโตรเจนอินทรีย์ (ไมโครโมล)	4.5 - 22.8 (13.1)	1.84 - 42.14 (16.2)	0.4 - 51.1 (17.8)	n.d.
ฟอสเฟต (ไมโครโมล)	0.62 - 1.54 (1.1)	0.14 - 0.70 (0.48)	0.04 - 8.2 (1.51)	1.2 - 9.9 (5.8)
ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (ไมโครโมล)	0.11 - 1.0 (0.49)	0.22 - 0.65 (0.42)	0.3 - 4.1 (0.61)	n.d.
ซิลิเกต (ไมโครโมล)	13.7 - 130.9 (57.0)	11.0 - 137.9 (57.4)	5.8 - 159.8 (57.6)	n.d.
N:P	3 - 14 (7)	28 - 170 (47)	77 - 289 (150)	

หมายเหตุ: ในวงเล็บเป็นค่าเฉลี่ย n.d. = ไม่ได้วิเคราะห์ *ข้อมูลจาก กรมชลประทาน 2537



รูปที่ 2 การกระจายของความเค็มในอ่าวปากพนัง (บน) ฤดูน้ำหลาก (ต.ค. 2543) (ล่าง) ฤดูแล้ง (เม.ย. 2544)

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำบริเวณเหนือประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์

พารามิเตอร์	บริเวณปากแม่น้ำปากพนัง (เหนือประตูระบายน้ำ)			
	ตุลาคม 2543	เมษายน 2544	เมษายน 2545	เมษายน 2537*
อุณหภูมิของน้ำ (°C)	29.2 - 29.5 (29.3)	30.8 - 33.2 (32.0)	30.8 - 31.7 (31.3)	33.2
ความเค็ม (psu)	0.3 - 0.4 (0.4)	0.1 - 0.2 (0.1)	0.8 - 23.4 (9.2)	2 - 16
ความเป็นกรด - เบส	6.3 - 6.4 (6.4)	6.2 - 6.5 (6.3)	7.0 - 7.7 (7.4)	8.0
ออกซิเจนละลาย (มก/ล)	2.2 - 2.8 (2.5)	2.0 - 7.5 (3.6)	0.4 - 6.8 (4.0)	4.5
แอมโมเนีย (ไมโครโมล)	6.9 - 8.2 (7.5)	11.6 - 18.4 (14.7)	3.1 - 54.5 (20.0)	31.9
ไนเตรท (ไมโครโมล)	1.2 - 1.7 (1.4)	1.4 - 2.2 (1.8)	0.36 - 0.78 (0.56)	7.4
ไนโตรเจนอินทรีย์ (ไมโครโมล)	13.7 - 19.2 (17.5)	3.5 - 9.8 (6.9)	9.8 - 51.1 (24.1)	n.d.
ฟอสเฟต (ไมโครโมล)	0.6 - 0.9 (0.77)	0.07 - 0.3 (0.2)	0.21 - 8.2 (2.7)	9.9
ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (ไมโครโมล)	0.7 - 1.0 (0.87)	0.5 - 0.8 (0.7)	0.07 - 1.8 (1.37)	n.d.
ซิลิเกต (ไมโครโมล)	103.5 - 130.9 (119.7)	158.3 - 186.4 (174.0)	102.0 - 113.0 (107.5)	n.d.

หมายเหตุ: ในวงเล็บเป็นค่าเฉลี่ย n.d. = ไม่ได้วิเคราะห์ *ข้อมูลจาก กรมชลประทาน 2537

สารอาหาร

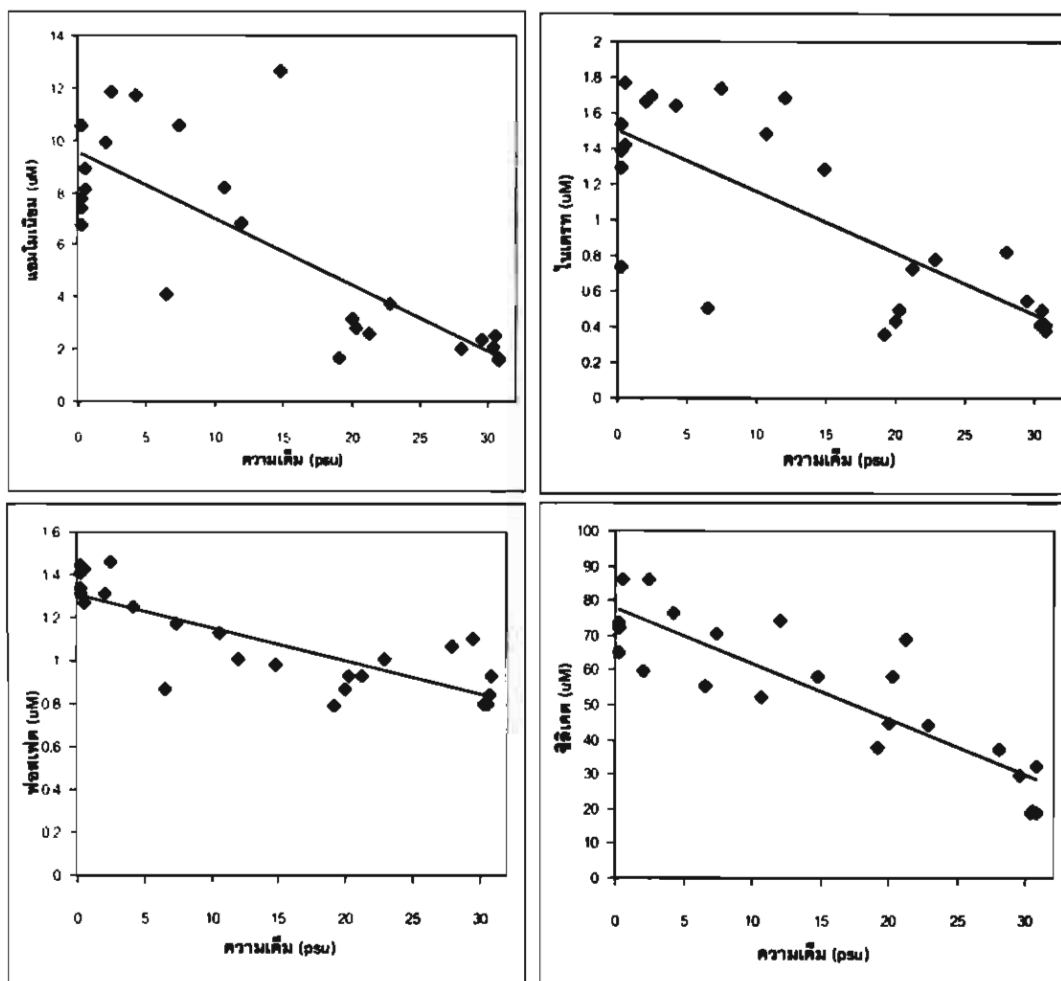
ความเข้มข้นของสารอาหารในรูปของแอมโมเนีย ไนเตรท (ไนโตร+ไนเตรท) ไนโตรเจนอินทรีย์ ฟอสเฟต ฟอสฟอรัสอินทรีย์ และซิลิเกต ในอ่าวปากพนังแสดงในตารางที่ 1 โดยทั่วไปพบไนโตรเจนอินทรีย์ (DOP) ในปริมาณที่สูงกว่าไนโตรเจนอินทรีย์ (DIP) มาก ยกเว้นในช่วงเดือนเมษายน 2544 ที่พบว่ามีไนโตรเจนอินทรีย์ สูงกว่าไนโตรเจนอินทรีย์ ไนโตรเจนอินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมากกว่าไนเตรทและไนโตรที่ แสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากบ้านเรือน และกิจกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งมีอยู่อย่างหนาแน่นทาง ฝั่งตะวันออกของปากอ่าวปากพนัง โดยทั่วไปแอมโมเนียในน้ำมักถูกเปลี่ยนเป็นไนโตรที่และไนเตรทอย่างรวดเร็วใน น้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่สูง ทั้งนี้โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งไนเตรทจะถูกแปลงก่อดอนพืชใช้ในการสร้าง เนื้อเยื่อโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อแปลงก่อดอนพืชตายจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และปล่อยแอมโมเนีย และไนเตรทกลับสู่ซ้ำอีก โดยบางส่วนของไนโตรเจนอินทรีย์ในซากของแปลงก่อดอนอาจถูกเก็บสะสมอยู่ในตะกอนดิน ได้ทั้งน้ำ การหมุนเวียนของฟอสฟอรัสมีรูปแบบคล้ายกัน โดยมีการเปลี่ยนจากฟอสเฟต (DIP) เป็นฟอสฟอรัส อินทรีย์ในเนื้อเยื่อแปลงก่อดอนพืช และเมื่อแปลงก่อดอนตายจะถูกย่อยสลายปล่อยฟอสเฟตออกสู่แหล่งน้ำ โดยทั่วไป การย่อยสลายอินทรีย์สาร (remineralization) ในบริเวณแอสทูริกมักเกิดที่บริเวณพื้นผิวดินซึ่งมีการสะสมของ อินทรีย์วัตถุสูง

สารอาหารในอ่าวปากพนังโดยภาพรวมมีช่วงความเข้มข้นใกล้เคียงกับปริมาณสารอาหารในอ่าวบ้านดอน จ.สุราษฎร์ธานี (Wattayakorn et al., 2001) และอ่าวสรี จ.ชุมพร (Wattayakorn et al., 2000) ทั้งนี้เนื่องจากทั้งสามบริเวณมีแหล่งกำเนิดของสารอาหารคล้ายกัน คือ เป็นอ่าวที่ได้รับสารอาหารจากแม่น้ำที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก มีแหล่งชุมชนกระจายทั่วไป มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำรอบอ่าวมาก และมีน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในปริมาณไม่มากนัก (ส่วนใหญ่เป็นโรงงานแปรรูปสัตว์ทะเล) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทะเลในอ่าวมหาชัย จ.สมุทรสาคร แล้วพบว่าความเข้มข้นของสารอาหารในอ่าวมหาชัยสูงกว่าในอ่าวปากพนังมาก เนื่องจากแม่น้ำท่าจีนมีพื้นที่ลุ่มน้ำใหญ่ มีชุมชนขนาดใหญ่ มีฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรมหลากหลายประเภทตั้งอยู่อย่างหนาแน่นตลอดสองฝั่งของแม่น้ำ (กัลยา วัฒนากร 2542) สำหรับอัตราส่วนของธาตุอาหารอนินทรีย์ N:P (molar) ในอ่าวปากพนังพบว่ามีค่าต่ำกว่า 16:1 (Redfield ratio) ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชในช่วงฤดูน้ำหลาก แสดงให้เห็นว่าน้ำทะเลบริเวณอ่าวปากพนังมีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด (limiting nutrient) ในการเพิ่มจำนวนของประชาคมแพลงก์ตอนพืช การที่น้ำมีค่า N:P ต่ำอาจเป็นได้ว่าน้ำทะเลในอ่าวปากพนังได้รับน้ำทิ้ง (โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากบ้านเรือน) ที่มีสารฟอสเฟตปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูงกว่าในเตรทและแอมโมเนียม และ/หรืออาจเนื่องมาจากการสูญหายของไนเตรทและแอมโมเนียมจากน้ำทะเลมากกว่าการหายไปของฟอสเฟต โดยกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดการหายไปอย่างมากของไนเตรทคือกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งพบว่ามีค่ากับน้ำและดินตะกอนที่อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน สำหรับในช่วงฤดูแล้งพบว่าน้ำในอ่าวปากพนังมีฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดในการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากน้ำมีค่า N:P สูงกว่า 16 มาก (ตารางที่ 1)

เมื่อนำความเข้มข้นของสารอาหารส่วนที่ละลายน้ำมาพล็อตกับค่าความเค็มของน้ำทะเลเพื่อศึกษาพฤติกรรมของสารอาหารส่วนที่ละลายน้ำ (รูปที่ 3) พบว่าสารอาหารแอมโมเนียม ไนเตรท และฟอสเฟต แสดงพฤติกรรมแบบไม่อนุรักษ์ (non-conservative behaviour) โดยความเข้มข้นของแอมโมเนียม และไนเตรท มีการเบี่ยงเบนจากเส้นเจือจางทางทฤษฎี (theoretical dilution line) ในลักษณะโค้งสูงขึ้นในช่วงความเค็มต่ำ (บริเวณปากแม่น้ำ) อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่ามีกระบวนการทางธรณีเคมีที่ทำให้สารอาหารเหล่านี้ถูกปล่อยออกจากตะกอนแขวนลอย หรือตะกอนผิวดิน ซึ่งอาจเป็นกระบวนการคายออก (desorption) จากตะกอนแขวนลอย และ/หรือจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์และปล่อยสารอาหารในรูปเกลืออนินทรีย์ เช่นรูปของไนเตรท และฟอสเฟตออกสู่แหล่งน้ำ ซึ่งเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่เกิดขึ้นได้ โดยบริเวณปากแม่น้ำปากพนังมีปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนค่อนข้างสูง (จากน้ำเสียชุมชนและกิจกรรมอื่น) และพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำระดับล่างค่อนข้างต่ำ แสดงว่ามีการนำออกซิเจนละลายไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างมาก ส่วนการเบี่ยงเบนของไนเตรท และฟอสเฟตในลักษณะเพิ่มขึ้นช่วงความเค็มสูง (บริเวณกลางอ่าวถึงปากอ่าว) น่าจะเกิดจากการที่ตะกอนพื้นท้องน้ำถูกรบกวน (resuspension) จากการเดินเรือประมงขนาดเล็ก และเรือหางยาวที่มีอยู่เป็นปริมาณมากในบริเวณอ่าว ตลอดจนการใช้อุปกรณ์การประมงบางชนิดที่รบกวนพื้นผิวดินท้องน้ำ ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอน แล้วจึงเกิดการ desorption ปล่อยสารอาหารจากตะกอนออกสู่น้ำ สำหรับแอมโมเนียมพบว่าการหายไปจากน้ำทะเลในช่วงความเค็มสูง ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียม ถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่สูง ซึ่งเป็นสภาวะปกติของน้ำทะเลบริเวณอ่าวปากพนัง ซึ่งน้ำค่อนข้างตื้นมาก และมีลมพัดแรงผ่านผิวน้ำทำให้น้ำมีออกซิเจนละลายในปริมาณสูง

สารอาหารซิลิเคตในอ่าวปากพนังแสดงพฤติกรรมค่อนข้างเป็นแบบอนุรักษ์ (conservative behaviour) โดยการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นค่อนข้างเป็นเส้นตรงตามแนวเส้นเจือจางทางทฤษฎี แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของซิลิเคตในอ่าวปากพนังว่าเกิดจากการเจือจางโดยน้ำทะเลเป็นหลัก โดยปริมาณซิลิเคตในน้ำแม่น้ำเหนือประตูระบายน้ำมีค่าค่อนข้างสูงกว่าซิลิเคตในน้ำทะเลมาก (ตารางที่ 2) เมื่อมีการผสมผสานระหว่างน้ำจืดและน้ำทะเลในอ่าวปากพนัง จึงเห็นการลดลงของปริมาณซิลิเคตเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้นในลักษณะค่อนข้างเป็น

เส้นตรงตามแนวเส้นเจ็องทางทฤษฎี อย่างไรก็ตามการลดลงของซิลิเกตบางส่วนอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการนำไปใช้โดยประชาคมของไดอะตอม ซึ่งใช้ซิลิเกตในการสร้างเปลือก



รูปที่ 3 พฤติกรรมของสารอาหารในอ่าวปากพนังในเดือนตุลาคม 2543

จากการศึกษาสมดุลของสารอาหารในอ่าวปากพนังโดยวิธีของ LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines (Gordon et al., 1996) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทุกรูปแบบ (ค่า Δ เป็น +) ยกเว้นไนโตรเจนอินทรีย์ (DOP) ที่มีการนำไปใช้ (ค่า Δ เป็น -) โดยฟลักซ์ของสารอาหารที่เพิ่มขึ้นในอ่าว มีอัตราใกล้เคียงกันทั้งสองช่วงฤดูกาล (ตารางที่ 3) การเพิ่มขึ้นของสารอาหารดังกล่าว เป็นผลมาจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ และ/หรือการปล่อยออกมาจากตะกอนแขวนลอยและตะกอนพื้นท้องน้ำ (ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาพฤติกรรมสารอาหาร) โดยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสถูกปล่อยออกมาในรูปของฟอสเฟต ส่วนไนโตรเจนถูกปล่อยออกมาในรูปของไนเตรต และแอมโมเนียม และพบว่าในบางบริเวณที่น้ำอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนออกไปจากระบบในรูปของก๊าซไนโตรเจน อย่างไรก็ตามเนื่องจากอ่าวปากพนังเป็นอ่าวตื้น มีสาหร่ายขนาดเล็กขึ้นปกคลุมหาดเลนและพื้นทรายอยู่ทั่วไป และยังมีป่าไม้ชายเลนรอบๆอ่าวด้วย ซึ่งพืชเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ จึงเป็นการช่วยรักษาสมดุลของธาตุไนโตรเจนให้กับระบบของอ่าวปากพนังได้บ้าง อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการสูญเสียไนโตรเจนไปจากระบบโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันสูงกว่าอัตราการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ (Nfix-denit มีค่า

เป็น -) (ตารางที่ 4) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าอ่าวปากพนังเป็นระบบนิเวศแบบ net denitrifying system นอกจากนี้ยังพบว่าในฤดูน้ำหลากเมื่อมีการเปิดประตูระบายน้ำจืดจากแม่น้ำปากพนังตอนบน ทำให้มีสารอินทรีย์ถูกนำสู่อ่าวปากพนังในปริมาณสูง ในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่ากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์เกิดขึ้นในอัตราสูงกว่าการสร้างสารอินทรีย์โดยประชาคมแพลงก์ตอนพืชโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (ค่า p-r เป็น -) (ตารางที่ 4) ดังนั้นอ่าวปากพนังจึงเป็นระบบแบบ heterotrophic ในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนในช่วงฤดูแล้งซึ่งไม่มีการเปิดประตูระบายน้ำจืดลงสู่อ่าวปากพนัง ทำให้มีปริมาณสารอินทรีย์ และปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทะเลอ่าวปากพนังน้อยกว่าในช่วงน้ำหลาก พบว่ากระบวนการนำไนโตรเจน แอมโมเนียม และฟอสเฟตไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยแพลงก์ตอนพืชเกิดได้มากกว่ากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์เล็กน้อย (ค่า p-r เป็น +) ดังนั้นอ่าวปากพนังจึงเป็นระบบแบบ autotrophic ในช่วงหน้าแล้ง

ตารางที่ 3 พลั๊กซ์ของสารอาหารฟอสฟอรัส และไนโตรเจนในอ่าวปากพนัง

(มิลลิโมล/ตร.ม/วัน)	ตุลาคม 2543	เมษายน 2544
ΔDIP	+0.04	0.00
ΔDOP	+0.06	+0.06
ΔNH_4	+0.17	+0.15
ΔNO_3	+0.02	+0.01
ΔDIN	+0.19	+0.16
ΔDON	-0.42	-0.19

*หมายเหตุ: (-) = ถูกใช้/ดูดซับ; (+) = ถูกสร้าง/ปล่อยออก

ตารางที่ 4 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างการตรึงไนโตรเจนและการสูญเสียไนโตรเจน (Nfix-denit) และความแตกต่างระหว่างการสร้างและการทำลายสารอินทรีย์ (p-r) ในอ่าวปากพนัง

(มิลลิโมล/ตร.ม/วัน)	ตุลาคม 2543	เมษายน 2544
(p-r)	-3.8	+0.5
Nfix-denit	-1.8	-1.0

สารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในอ่าวปากพนังถูกนำไปใช้ในการสร้างผลผลิตขั้นต้นในบริเวณอ่าวเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็มีสารอาหารบางส่วนที่ถูกนำส่งออกสู่ทะเลอ่าวไทยด้วย (ตารางที่ 5) จะเห็นว่าฟอสเฟต และอินทรีย์ไนโตรเจนที่ถูกนำสู่อ่าวปากพนังโดยน้ำผิวดินส่วนใหญ่จะหมุนเวียนอยู่ในอ่าวโดยไม่มีการส่งออกสู่น้ำทะเลภายนอก แต่กลับมีการนำฟอสเฟต และอินทรีย์ไนโตรเจนจากน้ำทะเลภายนอกเข้ามาในอ่าวปากพนังด้วย ส่วนฟอสฟอรัสอินทรีย์มีการส่งออกสู่ทะเลอ่าวไทยเฉพาะในช่วงหน้าแล้ง ซึ่งมีอัตราการสังเคราะห์แสงของประชาคมแพลงก์ตอนพืชสูงกว่าอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าวแล้วข้างต้น การย่อยสลายของอินทรีย์ไนโตรเจนและอินทรีย์ฟอสฟอรัสโดยจุลินทรีย์ ทำให้เปลี่ยนสภาพเป็นสารอนินทรีย์ ในรูปฟอสเฟต ไนเตรต และแอมโมเนียม ซึ่งบางส่วนจะเข้าร่วมในปฏิกิริยาชีวธรณีเคมีในระหว่างการผสมผสานของน้ำในบริเวณอ่าว และบางส่วนก็ถูกพัดพาออกสู่ทะเลอ่าวไทย

โดยทั่วไปฟอสเฟตไม่มีการนำออกสู่อ่าวไทยดังกล่าวแล้วข้างต้น สำหรับแอมโมเนีย และ ไนเตรท มีการพัดพาออกสู่อ่าวไทยทั้งสองฤดู โดยพบว่าช่วงฤดูน้ำหลากมีการพัดพาออกสู่อ่าวไทยน้อยกว่าช่วงหน้าแล้ง ทั้งนี้เพราะในช่วงน้ำหลากมีการสูญหายไปของไนเตรทจำนวนมาก เนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการ ดีไนตริฟิเคชัน

ตารางที่ 5 ปริมาณสารอาหารที่ถูกพัดพาจากอ่าวปากพนังออกสู่อ่าวไทย

สารอาหาร	ตุลาคม 2543		เมษายน 2544	
	การนำเข้าจากแม่น้ำ (กิโลกรัม/วัน)	การส่งออก (กิโลกรัม/วัน)	การนำเข้าจากแม่น้ำ (กิโลกรัม/วัน)	การส่งออก (กิโลกรัม/วัน)
DIP	74	-350	0	-2
DOP	84	-217	0	+574
DIN	374	+71	0	+256
NH3	315	+67	0	+244
NO3	59	+4	0	+12
DON	735	-2,586	0	-171

หมายเหตุ (+) = ส่งออกสู่ทะเล (-) = นำเข้าจากทะเล

สรุปและข้อเสนอแนะ

คุณภาพน้ำทะเลในอ่าวปากพนังโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ดี แต่พบว่าดัชนีคุณภาพน้ำบางประการเช่น ปริมาณออกซิเจนละลายค่อนข้างต่ำ และสารอาหารแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟตมีค่าค่อนข้างสูงมากในบางจุด ทั้งนี้ อาจเป็นผลกระทบจากน้ำทิ้งจากบ้านเรือน กิจกรรมการประมงบริเวณสะพานปลาและโรงงานแปรรูปสัตว์ทะเล และจากนาุ้งซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียง ประเด็นที่น่าที่สร้างขึ้นปิดกั้นการพัดพาธาตุอาหารและอินทรีย์สารจากปฏิกิริยาในการเกษตรกรรม จากโรงงานอุตสาหกรรม และชุมชนเหนือประตูระบายน้ำ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งประมาณปีละ 4 เดือน ส่วนในฤดูฝนมีการเปิดประตูระบายน้ำออกด้วยสภาพธรรมชาติ โดยสรุปอาจกล่าวได้ว่าความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารในอ่าวปากพนังลดลงกว่าในอดีตก่อนมีการสร้างประตูระบายน้ำเล็กน้อย โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง โดยพิจารณาจากปริมาณของสารอาหารแอมโมเนีย ไนเตรท และ ฟอสเฟต เป็นเกณฑ์ การลดลงของสารอาหาร และการเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำในอ่าวปากพนังในช่วงฤดูแล้งอาจมีผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลน และในอ่าวปากพนังบ้างไม่มากนัก ซึ่งควรมีการศึกษาถึงผลกระทบดังกล่าวนี้ด้วยต่อไป

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการหมุนเวียนของสารอาหารอย่างรวดเร็วในอ่าวปากพนัง โดยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสถูกปล่อยออกมาในรูปของฟอสเฟต ส่วนไนโตรเจนถูกปล่อยออกมาในรูปของไนเตรท และแอมโมเนีย และพบว่าในบางบริเวณที่น้ำอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการ ดีไนตริฟิเคชัน ทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนออกไปจากระบบในรูปของก๊าซไนโตรเจน อย่างไรก็ตามเนื่องจากอ่าวปากพนังเป็นอ่าวตื้น มีสาหร่ายขนาดเล็กขึ้นปกคลุมหาดเลนและพื้นทรายอยู่ทั่วไป และยังมีป่าไม้ชายเลนรอบๆอ่าวด้วย ซึ่งพืชเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ จึงเป็นการช่วยรักษาสมดุลของธาตุไนโตรเจนให้กับระบบของอ่าวปากพนังได้บ้าง

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน, 2537. การศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปาก
พนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนครศรีธรรมราช. ร่างรายงานฉบับสุดท้าย การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม
เสนอโดย บริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด บริษัท เซ้าท์อีสท์เอเชียเทคโนโลยี จำกัด บริษัท ตรีเอ
ทีฟ เทคโนโลยี จำกัด
- กัลยา วัฒนากร. 2542. สภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณเขตรู้น้ำทำจัน ใน: การฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน
เพื่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนของประเทศไทย (สนิท อักษรแก้ว และคณะ) สำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย (สกว.) หน้า 43-73
- Gordon, D.C. Jr., Boudreau, P.R., Mann, K.H., Ong, J.E., Silvert, W.L., Smith, S.V., Wattayakorn, G.,
Wulff, F. and Yanagi, T. 1996. LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines. LOICZ Reports &
Studies 5, LOICZ, Texel, The Netherlands, 96 pages.
- Strickland, J.D., and T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research
Board of Canada, Ottawa. 310 pp.
- Wattayakorn, G., T. Ayukai and P. Sojisuporn. 2000. Material transport and biogeochemical processes in
Sawi Bay, Southern Thailand. Phuket Marine Biological Center Special Publication 22: 63-77.
- Wattayakorn, G., P. Prapong and D. Noichareon. 2001. Biogeochemical budgets and processes in Bandon
Bay, Suratthani, Thailand. Journal of Sea Research 46: 133-142.

โลหะหนักบางชนิดในดินตะกอนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Selected Heavy Metals in Sediments from Pak Phanang Bay,
Nakhon Si Thammarat Provinceกัลยา วัฒยากร
นิตยาพร ตันมณีGullaya Wattayakorn
Nittayaporn Tanmanee

Abstract

Surface sediment samples from Pak Phanang Bay were analyzed for cadmium (Cd) copper (Cu) lead (Pb) and zinc (Zn) by total digestion and Atomic Absorption Spectrophotometer. The average concentrations for Cd, Cu, Pb and Zn were found to be $0.06 \pm 0.05 \mu\text{g/g}$, $6.89 \pm 2.39 \mu\text{g/g}$, $14.92 \pm 3.43 \mu\text{g/g}$ and $31.94 \pm 7.88 \mu\text{g/g}$ dry weight, respectively. Generally, higher concentrations of heavy metals were found in sediments from the inner bay and the western shore than those of the eastern shore. This is due to the sandier nature of sediments along the eastern side of the bay. Distribution of Cu, Pb and Zn in the sediment cores from Pakphun mangrove plantation showed higher concentrations in surface sediments as compared to the bottom layers, indicating higher metal contamination in the present time than the past.

Key words: Heavy metals/Sediments/Bay

บทคัดย่อ

วิเคราะห์ปริมาณโลหะแคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ได้วิเคราะห์ในดินตะกอนผิวหน้าจากอ่าวปากพนังโดยวิธี total digestion และตรวจวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer พบว่า Cd มีค่าเฉลี่ย 0.06 ± 0.05 ไมโครกรัม/กรัม Cu มีค่าเฉลี่ย 6.89 ± 2.39 ไมโครกรัม/กรัม Pb มีค่าเฉลี่ย 14.92 ± 3.43 ไมโครกรัม/กรัม และ Zn มีค่าเฉลี่ย 31.94 ± 7.88 ไมโครกรัม/กรัม ปริมาณโลหะหนักมีการสะสมสูงบริเวณตอนในและฝั่งตะวันตกของอ่าวปากพนังมากกว่าฝั่งตะวันออกซึ่งตะกอนเป็นทรายเป็นส่วนใหญ่ การกระจายของ Cu Pb และ Zn ในชั้นดินตะกอน (sediment cores) จากป่าชายเลนบริเวณปากอ่าวปากพนัง (ปากพูน) บ่งชี้ให้เห็นถึงการปนเปื้อนที่สูงขึ้นจากอดีตของโลหะเหล่านี้ในดินตะกอนผิวหน้าเมื่อเทียบกับชั้นดินตะกอนในที่ลึก

คำหลัก: โลหะหนัก/ตะกอน/อ่าว

คำนำ

อ่าวปากพนังเป็นอ่าวตื้นล้อมด้วยแผ่นดินสองด้านคือ ด้านทิศตะวันตกได้แก่ที่ราบนครศรีธรรมราช และด้านทิศตะวันออกเป็นสันทรายชื่อว่าแหลมตะลุมพุก พื้นที่ผิวน้ำของอ่าวปากพนังประมาณ 155 ตารางกิโลเมตร ดินตะกอนท้องน้ำมีลักษณะเป็นทรายปนโคลน ในอดีตอ่าวปากพนังเป็นแหล่งรองรับน้ำเสีย มูลฝอย และสิ่งปฏิกูล

ต่างๆจากแหล่งเกษตรกรรมและชุมชนเมืองในลุ่มน้ำปากพนัง เช่น ชุมชนเมืองอำเภอชะอวด อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอปากพนัง และอำเภอหัวไทร โดยมีผลมาจากอำเภอปากพนังมีส่วนมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในหรือรอบๆเทศบาลเมืองปากพนังเช่นกัน แม้ในปัจจุบันมีการก่อสร้างประตุน้ำออกทิวากวียาประสิทธิ์ (ประตูระบายน้ำปากพนัง) ขึ้นที่บ้านบางปี อำเภอปากพนัง เพื่อป้องกันการรุกตัวของน้ำเค็ม และบรรเทาความขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร อุปโภคและบริโภคของชุมชนในบริเวณลุ่มน้ำปากพนังแล้วก็ตาม อ่าวปากพนังยังคงได้รับน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมในอำเภอปากพนังซึ่งอยู่ทางท้ายน้ำของประตูระบายน้ำปากพนังเช่นเดิม ผลสารอย่างหนึ่งที่มักปนเปื้อนมาพร้อมกับน้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และชุมชนคือโลหะหนัก ซึ่งมีสมบัติที่คงทนในสภาวะแวดล้อมเนื่องจากไม่สลายตัวโดยกระบวนการธรรมชาติ เมื่อโลหะหนักถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโลหะส่วนหนึ่งจะจับตัวกับสารแขวนลอย หรืออินทรีย์สารแล้วตกตะกอนสู่พื้นท้องน้ำ และเกิดการสะสมในตะกอนตามระยะเวลาที่ผ่านมา ตะกอนท้องน้ำจึงเป็นแหล่งสะสมที่ดีของโลหะหนัก ปริมาณโลหะหนักในตะกอนผิวหน้าบ่งชี้สภาวะการปนเปื้อนของแหล่งน้ำในปัจจุบัน ขณะที่การวิเคราะห์โลหะหนักในชั้นดินตะกอนที่ทราบอายุ (dated cores) สามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับประวัติการปนเปื้อนของโลหะหนักในอดีต และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาจนถึงปัจจุบันได้ อย่างไรก็ตามการแปลผลการสะสมของโลหะในแท่งชั้นดินตะกอนบริเวณเอสทุรีหรืออ่าวต่างๆไปมักมีความยุ่งยากที่เกิดขึ้นกับชั้นดินตะกอนเนื่องจากภายหลังจากการตกตะกอนสะสมตัวของโลหะหนักแล้วชั้นตะกอนมักมีการถูกรบกวนทั้งโดยกระบวนการธรรมชาติ (พายุ หรือการเคลื่อนตัวของสัตว์ที่ฝังตัวอยู่ในดิน) และจากกิจกรรมมนุษย์ (การเดินเรือ และการขุดลอกร่องน้ำ) ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของชั้นตะกอนและไม่เรียงชั้นกันอย่างที่ควรจะเป็นได้ สำหรับแท่งดินตะกอนในบริเวณป่าชายเลน(ที่ไม่ถูกรบกวนโดยกิจกรรมมนุษย์)มักมีการเรียงชั้นกันดีกว่าจึงเหมาะสมกว่าในการนำมาศึกษาประวัติการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใกล้เคียง โลหะหนักในตะกอนสามารถถ่ายทอดความเป็นพิษสู่สิ่งมีชีวิตในน้ำโดยการแพร่หรือละลายกลับสู่น้ำชั้นบนและสะสมในสิ่งมีชีวิตต่างๆในห่วงโซ่อาหารได้ โลหะที่มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมและการเกษตรกรรม ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณโลหะแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในดินตะกอนจากอ่าวปากพนัง เพื่อประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนของโลหะดังกล่าวเปรียบเทียบกับดินตะกอนจากแหล่งน้ำอื่นในประเทศ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนจัดการสภาพแวดล้อมบริเวณอ่าวปากพนังต่อไป

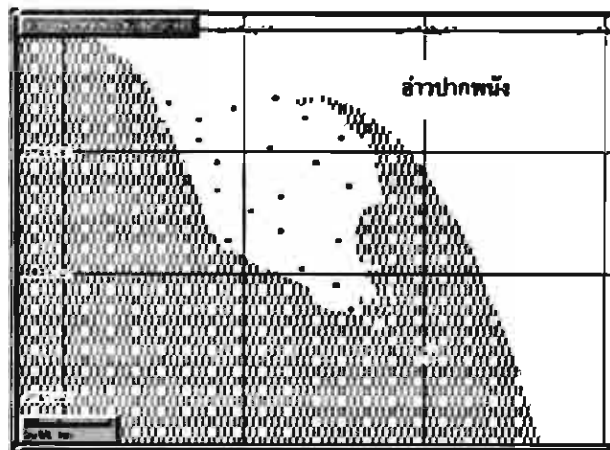
อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าในอ่าวปากพนังด้วย Petersen grab จำนวน 20 สถานี (รูปที่ 1) ในเดือนธันวาคม 2545 ใช้ข้อพลาสติกสะอาด (ชะด้วย 2M HCl และ 2M HNO₃) ตักตัวอย่างดินตะกอน เฉพาะส่วนกลางที่ไม่สัมผัสกับผิว grabใส่ในถุงพลาสติกสะอาด และเก็บแท่งดินตะกอนโดยใช้ท่อเจาะดิน (Corer) ลึก 40 เซนติเมตร จากแปลงป่าชายเลนบริเวณปากคลองปากนคร (บริเวณนาทุ่งร้าง) และสวนป่าชายเลนบริเวณปากคลองปากพูน (บริเวณเลนงอกใหม่) ทำการวัดความเป็นกรด-เบส (pH) และค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (E_h) ของชั้นดินตะกอนทันที และใช้เม็ดพลาสติกสะอาดตัดแบ่งชั้นดินตามระดับความลึกทุก 2 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินตะกอนเฉพาะส่วนกลางที่ไม่สัมผัสกับผิวท่อเจาะดินใส่ในถุงพลาสติกสะอาดเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ได้เก็บตัวอย่างดินตะกอนอีกจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติอื่นของดินตะกอนด้วย

2. การวิเคราะห์

นำดินตะกอนมาทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง Freeze Dryer เลือกเปลือกหอยออก และร่อนดินตะกอนผ่านตะแกรงไนลอนขนาด 63 ไมครอนและผสมดินให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์โดยวิธี Acid-dichromate oxidation โดยออกซิไดซ์สารอินทรีย์ด้วย $1\text{ N K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ acidified ด้วย concentrated H_2SO_4 และไทเตรทด้วย $0.5\text{ N Fe (NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ วิเคราะห์โลหะหนักโดยการย่อยดินตะกอนด้วยกรดไนตริกเข้มข้น และกรดเปอร์คลอริก(1:2) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบ Total digestion และวัดค่าปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สำหรับอนุภาคของดินตะกอนวิเคราะห์โดยวิธี Hydrometer technique หลังจากย่อยทำลายอินทรีย์สารด้วย H_2O_2 (วิเคราะห์จากดินที่ยังไม่ได้รับร่อนผ่านตะแกรงขนาด 63 ไมครอน)



รูปที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนในอ่าวปากพนัง

ผลและวิจารณ์ผล

ลักษณะของดินตะกอนผิวหน้าบริเวณอ่าวปากพนังมีเนื้อดินเป็นทรายโดยเฉลี่ยถึง 57% และมีปริมาณดินเหนียวค่อนข้างต่ำ (<20%) โดยดินตะกอนบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวประกอบด้วยทรายเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่ตอนบนของอ่าวบริเวณปากแม่น้ำปากพนัง และฝั่งตะวันตกของอ่าวมีลักษณะเป็นดินโคลนปนทราย ตะกอนมีสมบัติค่อนข้างเป็นกลาง มีปริมาณอินทรีย์สารในระดับต่ำถึงปานกลาง (ตารางที่ 1) ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (E_h) ของตะกอนบ่งชี้ว่าตะกอนผิวหน้า (5-10 ซม.) ในอ่าวปากพนังโดยทั่วไปยังอยู่ในสภาพ oxic กล่าวคือยังมีออกซิเจนอยู่ ตะกอนมีสีน้ำตาลแดงของเหล็กออกไซด์ บริเวณตอนในของอ่าวมีค่า (E_h) ต่ำกว่าบริเวณตอนกลางและบริเวณตอนนอกของอ่าวโดยค่า (E_h) ต่ำที่สุด (-185 mV) พบในตะกอนบริเวณหน้าประตูระบายน้ำปากพนัง ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำค่อนข้างนิ่งเนื่องจากไม่มีการเปิดประตูระบายน้ำในช่วงหน้าแล้ง (ในช่วงหน้าฝนเมื่อมีน้ำจืดไหลหลากมามาก จึงจะเปิดประตูระบายน้ำ) เมื่อมีสารอินทรีย์ที่ถูกระบายออกมาพร้อมน้ำทั้งจากแหล่งชุมชน ตลาดสดเทศบาล และโรงงานแปรรูปอาหารทะเลบริเวณตอนในของอ่าว ทำให้ดินตะกอนบริเวณดังกล่าวมีการสะสมของอินทรีย์สารสูงที่สุดด้วย (OC=1.84%) พบว่าตะกอนผิวหน้ามีสีดำ และมีกลิ่นเหม็นของ H_2S เนื่องจากน้ำบริเวณนี้ค่อนข้างลึก (ประมาณ 6-8 เมตร) ค่าออกซิเจนละลายในน้ำระดับล่างเหนือผิวดินมีค่าต่ำมาก (<1 มิลลิกรัม/ลิตร ในบางครั้งของการสำรวจ) ดินตะกอนผิวหน้าอยู่ในสภาพรีดอกซ์ (reducing) สำหรับค่าเฉลี่ยของปริมาณของโลหะ Cd, Cu, Pb และ Zn ในดินตะกอนผิวหน้าจากอ่าวปากพนังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนการกระจายของโลหะดังกล่าวในดิน

ตะกอนอ่าวปากพนังแสดงในรูปที่ 2 สำหรับ Cd ซึ่งตรวจพบในปริมาณต่ำและพบในบางสถานีเท่านั้นจึงไม่ได้แสดงการกระจายของ Cd ในดินตะกอนอ่าวปากพนัง

ลักษณะการกระจายตัวของ Cu, Pb และ Zn ในตะกอนผิวหน้าอ่าวปากพนังค่อนข้างคล้ายกัน (รูปที่ 2) กล่าวคือพบการสะสมของโลหะในปริมาณสูงบริเวณตอนบนของอ่าว และบริเวณปากคลองฝั่งตะวันตกของอ่าวคล้ายกับการสะสมของอินทรีย์สาร คาร์บอนและไนโตรเจน เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีแหล่งชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมหนาแน่นกว่าฝั่งตะวันออกของอ่าว โดยเฉพาะสถานีบริเวณปากคลองซึ่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนเขตอำเภอเมืองและอำเภอปากพนัง เนื่องจากโลหะเหล่านี้ส่วนหนึ่งมาจากกิจกรรมของมนุษย์บนฝั่งนั่นเอง โดยเมื่อถูกปลดปล่อยออกสู่แหล่งน้ำและถูกพัดพามากับน้ำแม่น้ำลำคลองต่างๆ โลหะปริมาณน้อยเหล่านี้ถูกดูดซับบนตะกอนประเภทดินเหนียว (โคลน) ได้ดี เมื่อตะกอนตกทับถมในบริเวณอ่าวก็จะนำโลหะหนักลงไปสู่สมที่พื้นน้ำด้วย ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าตะกอนพื้นน้ำเป็นเสมือนกระຈกเงาที่ล่องสะท้อนให้ทราบถึงสภาพแวดล้อมของน้ำชั้นบนและกิจกรรมบนฝั่งได้เป็นอย่างดี การศึกษาสมบัติทางเคมีของดินตะกอนจึงเป็นประโยชน์ในการบอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมของน้ำชั้นบนได้ เมื่อเปรียบเทียบการสะสมของโลหะ Cd, Cu, Pb และ Zn ในตะกอนอ่าวปากพนังกับตะกอนชายฝั่งบริเวณอื่นๆของอ่าวไทย พบว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในอ่าวปากพนังมีค่าต่ำกว่าระดับการปนเปื้อนในดินตะกอนชายฝั่งและบริเวณแอสทรีของไทยเป็นส่วนใหญ่ (กรมควบคุมมลพิษ 2545; สุวรรณ ภาณุตระกูล และ ไพฑูรย์ มกกงไผ่ 2543; กัลยา วัฒนากร และ ปัญญานี พราพษ์ 2542) และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินสำหรับแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเล (ตารางที่ 3) ซึ่งกำหนดใช้ในประเทอเมริกา และออสเตรเลีย (ประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว) พบว่าปริมาณโลหะที่สะสมในดินตะกอนอ่าวปากพนังยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่มาก แสดงให้เห็นว่าดินตะกอนอ่าวปากพนังยังมีความเหมาะสมสำหรับการดำรงชีพของสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก และสัตว์ทะเลหน้าดินที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เช่นปลา กุ้ง หอย เป็นต้น

ตารางที่ 1 คุณสมบัติดินตะกอนอ่าวปากพนังและสวนป่าชายเลน จ.นครศรีธรรมราช

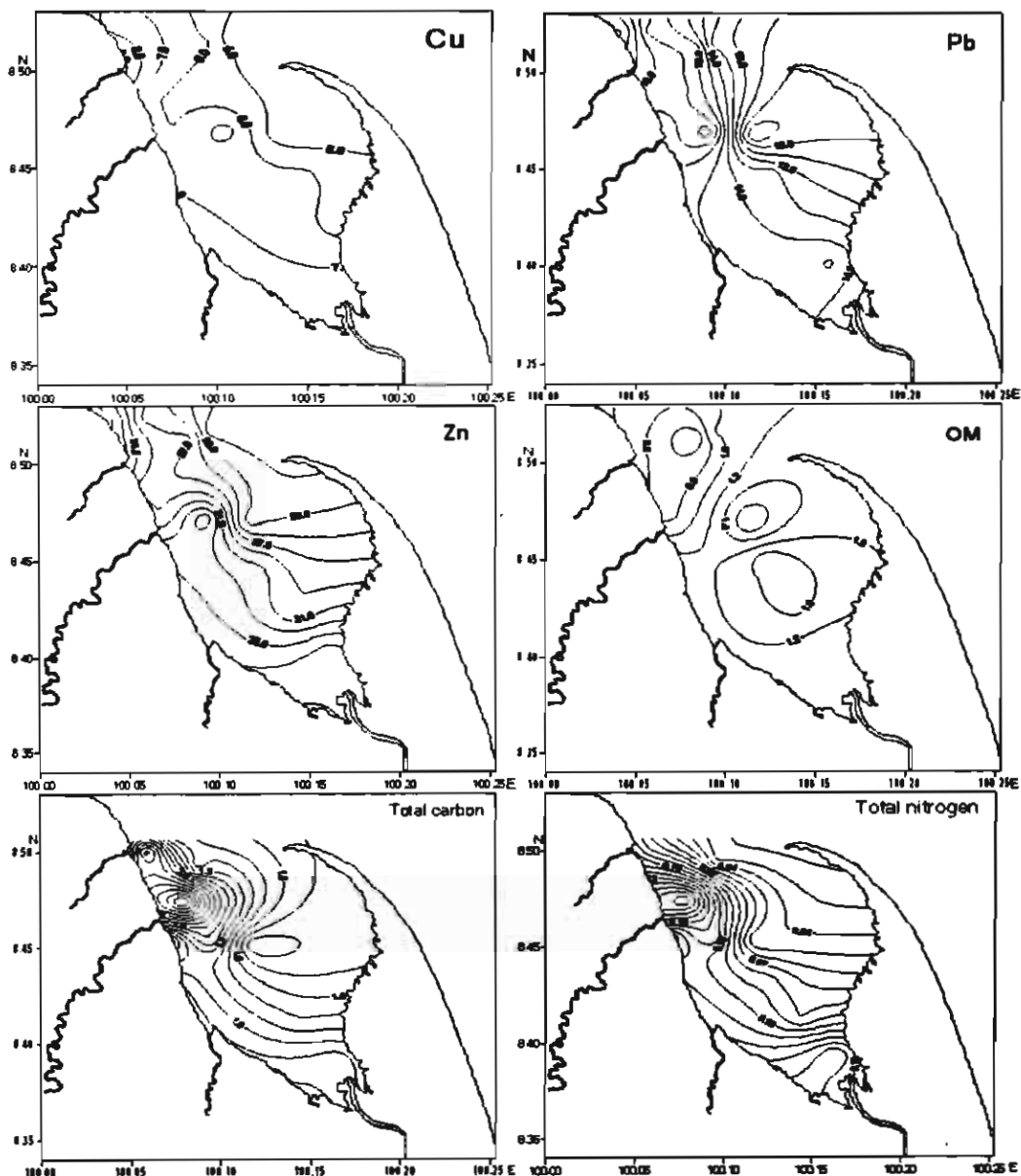
	pH	E_h (mV)	% Organic carbon	Particle size distribution (%)			Texture
				sand	silt	clay	
อ่าวปากพนัง	7.48 ± 0.18	-42 ± 49	1.02 ± 0.43				sandy
	(7.30 - 7.77)	(-185 - +29)	(0.41 - 1.84)	57.5	22.9	19.8	loam
สวนป่าชายเลน	7.32 ± 0.09	-20 ± 12	1.31 ± 0.07				sandy
ปากนคร (5 ปี)	(7.17 - 7.46)	(-39 - -1)	(1.13 - 1.42)	55.0	24.6	20.4	clay loam
สวนป่าชายเลน	7.18 ± 0.18	-119 ± 51	1.89 ± 0.47				sandy
ปากพูน (22 ปี)	(6.94 - 7.63)	(-185 - +74)	(1.26 - 2.72)	55.7	19.5	24.8	clay loam

หมายเหตุ ค่าใน () = range

ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินอ่าวปากพนังและสวนป่าชายเลน จ.นครศรีธรรมราช
(หน่วย : ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)

	Cd	Cu	Pb	Zn
อ่าวปากพนัง	0.06 ± 0.05 (0.05 - 0.25)	6.89 ± 2.39 (4.35 - 15.73)	14.92 ± 3.43 (8.00 - 21.00)	31.94 ± 7.88 (19.13 - 48.68)
สวนป่าชายเลน ปากนคร (5 ปี)	0.46 ± 0.07 (0.33 - 0.57)	7.41 ± 0.44 (6.38 - 8.03)	21.53 ± 2.06 (17.13-25.35)	35.50 ± 1.13 (34.00-37.65)
สวนป่าชายเลน ปากพูน (22 ปี)	0.09 ± 0.10 (0.05-0.28)	5.99 ± 0.79 (4.45-8.13)	15.02 ± 3.23 (8.48-20.98)	30.23 ± 1.60 (27.55-33.60)

หมายเหตุ ค่าใน () = range



รูปที่ 2 การกระจายของโลหะ Cu, Pb, Zn (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง) %คาร์บอนอินทรีย์ (OM) %คาร์บอนรวม และ %ไนโตรเจนรวม ในดินตะกอนอ่าวปากพนัง

ตารางที่ 3 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินสำหรับแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเล
(หน่วย: ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)

เกณฑ์มาตรฐาน	Cd	Cu	Pb	Zn	เอกสารอ้างอิง
Florida DEP ¹ SQG-TEL	0.68	18.7	30.2	124	MacDonald,
Florida DEP ² SQG-PEL	4.21	108	112	271	1994
Australia and New Zealand draft ISQG-low ¹	1.5	65	50	200	ANZECC,
Australia and New Zealand draft ISQG-higher ²	9.6	270	220	410	1998

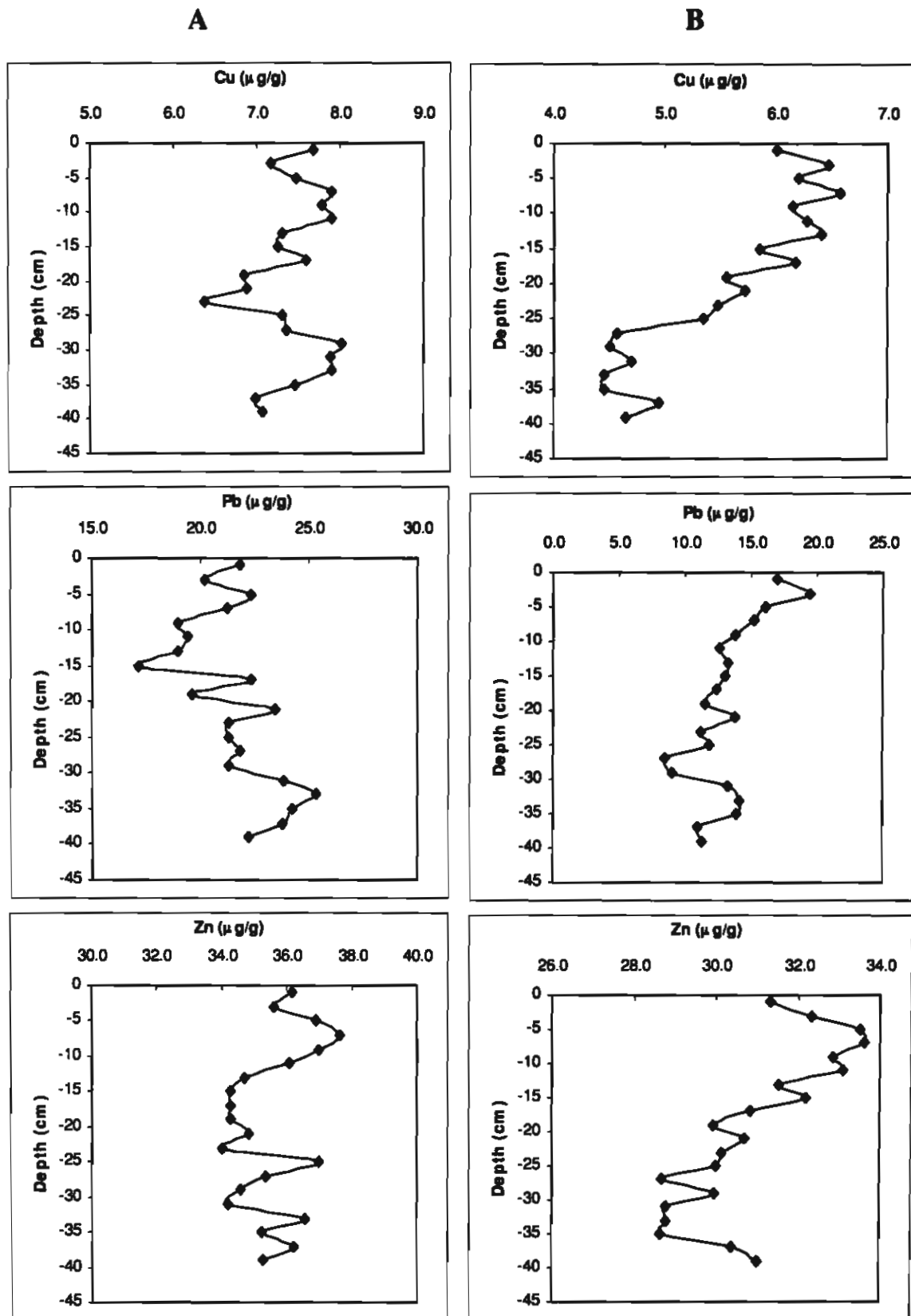
หมายเหตุ 1 = ค่าความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

2 = ค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

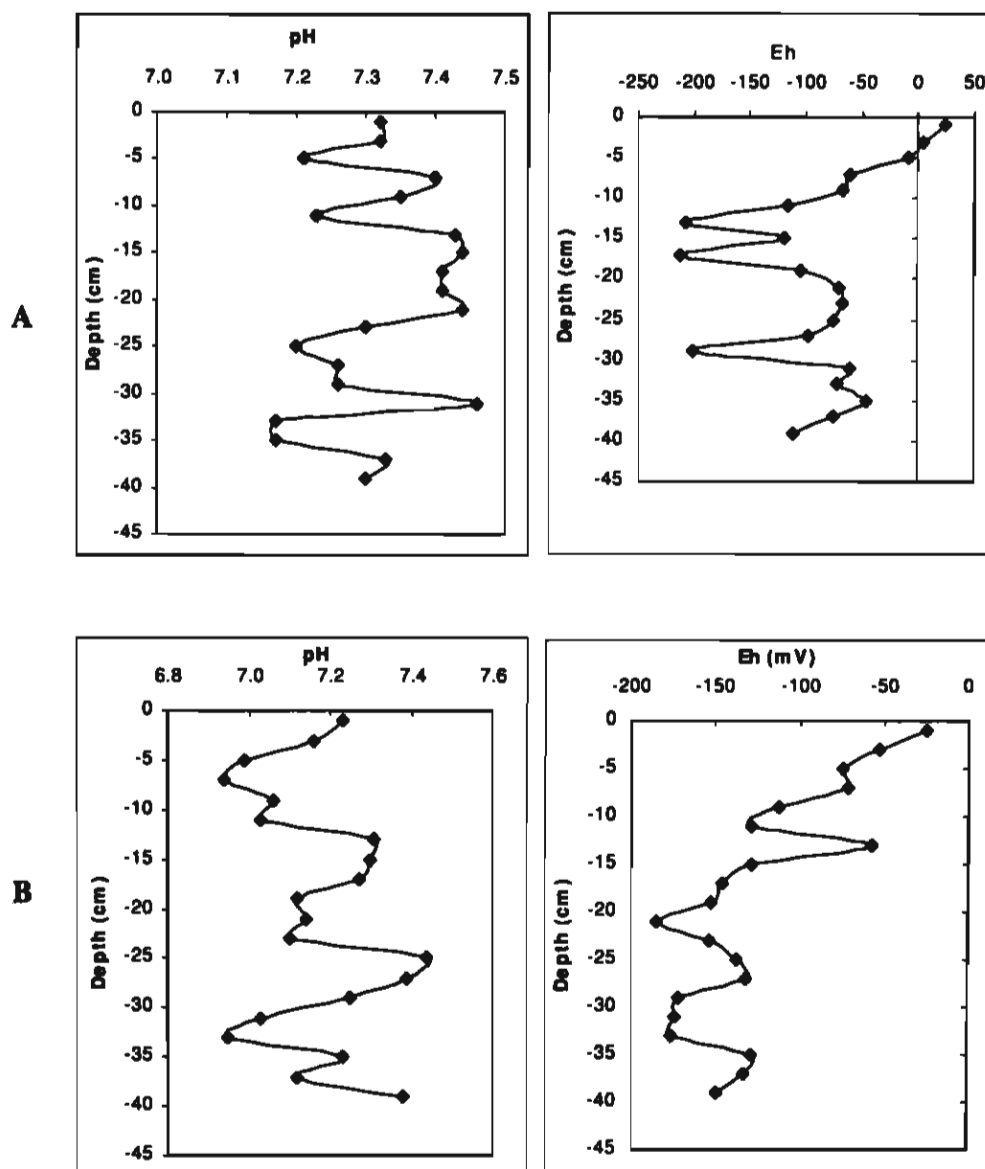
สำหรับการสะสมของโลหะหนักตามระดับลึกของชั้นดินตะกอน (ดังแสดงในรูปที่ 3) ดินตะกอนป่าชายเลนบริเวณเลนงอกใหม่(บริเวณปากพูน) ซึ่งเป็นเหมือนเกาะอยู่ตอนนอกของอ่าวปากพูนังและค่อนข้างห่างไกลจากการถูกรบกวนโดยมนุษย์ พบว่ามีการลดลงของปริมาณโลหะ Cu, Pb และ Zn ตามความลึกของชั้นดินที่เพิ่มขึ้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของการปนเปื้อนของโลหะหนักเหล่านี้จากอดีต(ดินชั้นล่างสุด) จนถึงปัจจุบัน(ดินชั้นบนสุด) ซึ่งสอดคล้องกับความเจริญและการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีการขยายตัวของชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม การประมงซึ่งมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเรือประมง เรือหางยาว และรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นในช่วงระยะเวลา 20 กว่าปีที่ผ่านมา การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ทำให้มีปริมาณของเสียที่มีโลหะหนักประกอบอยู่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วย ซึ่งจะถูกเก็บสะสมในชั้นตะกอนมากขึ้นเรื่อยๆ เป็นลำดับ ส่วนการกระจายของโลหะหนักตามความลึกในดินตะกอนป่าชายเลนบริเวณนาทุ่งรังค่อนข้างไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตามความลึก เนื่องจากป่าชายเลนบริเวณนี้เป็นบริเวณที่ถูกรบกวนจากการขุดดินทำนาทุ่งมาก่อน ประกอบกับสวนป่าชายเลนบริเวณนี้มีอายุเพียง 5 ปี จึงยังไม่เห็นแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมมนุษย์ชัดเจนเหมือนดินตะกอนบริเวณสวนป่าชายเลนบริเวณปากพูนซึ่งสะสมโลหะหนักมานานถึง 22 ปี การศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของแนวป่าชายเลนในการดักจับตะกอนและมลสารที่ปนเปื้อนมากับตะกอน ทำให้ลดการปนเปื้อนของมลสารที่จะถูกพัดพาออกสู่ทะเลชายฝั่ง

สรุปและข้อเสนอแนะ

ดินตะกอนผิวหน้าจากอ่าวปากพูนัง พบว่า Cd มีค่าเฉลี่ย 0.06 ± 0.05 ไมโครกรัม/กรัม Cu มีค่าเฉลี่ย 6.89 ± 2.39 ไมโครกรัม/กรัม Pb มีค่าเฉลี่ย 14.92 ± 3.43 ไมโครกรัม/กรัม และ Zn มีค่าเฉลี่ย 31.94 ± 7.88 ไมโครกรัม/กรัม ปริมาณโลหะหนักมีการสะสมสูงบริเวณตอนในและฝั่งตะวันตกของอ่าวปากพูนังมากกว่าฝั่งตะวันออกซึ่งตะกอนเป็นทรายเป็นส่วนใหญ่ การกระจายของ Cu Pb และ Zn ในชั้นดินตะกอน (sediment cores) จากป่าชายเลนบริเวณปากอ่าวปากพูนัง (ปากพูน) บ่งชี้ให้เห็นถึงการปนเปื้อนที่สูงขึ้นจากอดีตของโลหะเหล่านี้ในดินตะกอนผิวหน้าเมื่อเทียบกับชั้นดินตะกอนในที่ลึก



รูปที่ 3 การกระจายของโลหะ Cu, Pb และ Zn ตามความลึกของชั้นดินตะกอน (A) ป่าชายเลนบริเวณนาทุ่งร้าง (B) ป่าชายเลนบริเวณเลนงอกใหม่



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของ pH และ E_h ตามความลึกของชั้นดินตะกอน (A) ป่าชายเลนบริเวณนาทุ่งร้าง (B) ป่าชายเลนบริเวณเลนงอกใหม่

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2545. โครงการการประเมินสถานการณ์สิ่งแวดล้อมทางทะเล พ.ศ. 2545 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กัลยา วัฒนากร และปัญญานีย์ พรพวงษ์. 2542. สภาพสิ่งแวดล้อมแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง ใน: การฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนเพื่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนของประเทศไทย รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (สนิทอักษรแก้ว และคณะ) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. หน้า 43 - 73.
- สุวรรณา ภานุตระกูล และ ไพฑูรย์ มกกงไผ่. 2543. การสะสมโลหะหนักบางชนิดในตะกอนดินจากแม่น้ำบางปะกง รายงานวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัย ปี 2542 ภาควิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 30 หน้า.

สมบัติของดินและน้ำในดินบริเวณป่าชายเลนปลูกบนพื้นที่นาทิ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

Soil and Porewater Properties in Mangrove Plantation in Abandoned Shrimp Pond at Kha-nom District, Nakhon Si Thammarat Province

กนกพร บุญสง
โชคชัย ยะชูศรี

Kanokporn Boonsong
Chokchai Yachusri

Abstract

Soil and porewater properties was conducted in mangrove plantation plot located in abandoned shrimp farm area in Kha-nom District, Nakhon Si Thammarat Province. Seedlings of four species i.e. *Rhizophora apiculata*, *Avicennia marina*, *Bruguiera cylindrica* and *Ceriops tagal* had been planted since March 1986. Surface soil (0-15 cm) under each species, and under natural succession of abandoned shrimp pond area located nearby were sampling. Moreover, porewater sampling at the depth of 30 cm were conducted concurrently. The sampling period was April 2001 and May 2002. The results indicated that soil pH ranged from 6.42-7.49, conductivity 2.26-87.22 mS cm⁻¹ and soil salinity 1.18 - 5.17 psu. The soil OM was ranging from 3.26-4.21 %, TN 0.158-0.315 % and TP 103-621 ppm which was very high. The soil texture showed significantly accumulation trend of clay particle. For porewater properties, pH was ranging from 6.17-8.33, salinity 33.50-42.93 psu, BOD 5.58-15.57 mg l⁻¹, TN 0.344-1.858 mg l⁻¹ and TP 0.046-0.973 mg l⁻¹. Planting mangrove can improve soil properties in abandoned shrimp ponds.

Key words: Mangroves/Abandoned shrimp pond/Porewater

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาสมบัติของดินและน้ำในดินในแปลงพันธุ์ไม้ป่าชายเลนปลูกเพื่อฟื้นฟูนาทิ้งร้าง 4 ชนิดบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช คือ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) แสมทะเล (*Avicennia marina*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) และโปรงแดง (*Ceriops tagal*) ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2538 โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินผิวน้ำลึก 0-15 ซม. ภายใต้พันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ชนิดละ 3 บริเวณ (แต่ละบริเวณเก็บ 3 ตัวอย่าง) และเก็บตัวอย่างดินในนาทิ้งร้างซึ่งปล่อยให้มีการทดแทนสังคมพืชตามธรรมชาติ ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงอีก 1 บริเวณ ทุกจุดเก็บตัวอย่างดินได้ศึกษาคุณภาพน้ำในดินที่ระดับ 30 ซม. ควบคู่ไปด้วย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในเดือนเมษายน 2544 และพฤษภาคม 2545 ผลการศึกษาสมบัติของดินพบว่า pH มีค่า 6.42-7.49 การนำไฟฟ้า 2.26-87.22 mS cm⁻¹ ความเค็ม มีค่า 1.18 - 5.17 psu ปริมาณอินทรีย์วัตถุ อยู่ในช่วง 3.26-4.21 % ไนโตรเจนทั้งหมด 0.158-0.315 % ฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่า 103-621 ppm ซึ่งเป็นระดับที่สูงมาก และเนื้อดินมีการสะสมอนุภาค clay เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับสมบัติของน้ำในดินพบว่า pH มีค่าระหว่าง 6.17-8.33 ความเค็มมีค่าสูง อยู่ในช่วง 33.50-42.93 psu ค่า BOD 5.58-15.57 mg l⁻¹ ค่า TN อยู่ระหว่าง 0.344-1.858 mg l⁻¹ ค่า TP อยู่ระหว่าง 0.046-0.973 mg l⁻¹. การปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นาทิ้งร้างสามารถปรับความสมบูรณ์ของดินดีขึ้น

คำหลัก: ป่าชายเลน/นาทิ้งร้าง/น้ำในดิน

คำนำ

ป่าชายเลนตามธรรมชาติจะพบเฉพาะในเขตโซนร้อน บริเวณดินเลนชายทะเล ปากแม่น้ำที่มีน้ำทะเลท่วมถึง หรือน้ำกร่อย พันธุ์ไม้ป่าชายเลนเป็นพืชที่มีอายุยืน (perennial plant) และเป็นพืชทนเค็ม (Facultative Halophyte) มีรากงอกที่ขึ้นมาเหนือพื้นดิน พันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่สำคัญได้แก่ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) โกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) แสมทะเล (*Avicennia marina*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorhiza*) ถั่วขาว (*B. cylindrica*) ถั่วดำ (*B. parviflora*), พังกาหัวสุมดอกแดง (*B. sexangula*) โปรงขาว (*Ceriops decandra*) และโปรงแดง (*C. tagal*) พันธุ์ไม้เหล่านี้จะขึ้นอยู่เป็นแนวเขต (Zonation) ที่ขนานกับชายฝั่งตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน (Aksomkoae, 1986) เนื่องจากป่าชายเลนเป็นเขตเปลี่ยนระบบนิเวศ (ecotone) และแนวกันชน (buffer) ระหว่างระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศทางทะเล จึงสามารถช่วยป้องกันการพังทลายของดิน รวมทั้งช่วยให้เกิดการงอกของแผ่นดินขยายไปสู่ทะเล และยังเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน แหล่งที่อยู่อาศัย สืบพันธุ์ วางไข่ และหลบภัยของสัตว์น้ำเศรษฐกิจนานาชนิด นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุที่สำคัญ และมีบทบาทสำคัญในการช่วยบำบัดน้ำเสียและกลั่นกรองสิ่งปฏิกูลไม่ให้ไหลลงทะเล

แม้ว่าป่าชายเลนจะมีคุณประโยชน์อย่างมหาศาลดังกล่าว แต่ในช่วงที่ผ่านมาการขยายตัวของการเลี้ยงกุ้งกุลาค่าส่งผลให้พื้นที่ป่าชายเลนบางส่วนถูกบุกรุกทำลายเพื่อเปลี่ยนเป็นพื้นที่นากุ้ง และเมื่อรูปแบบของการเลี้ยงเปลี่ยนจากระบบพื้นบ้าน (conventional system) ไปเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive system) ซึ่งหากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสมจะทำให้มีการระบายน้ำทิ้งและของเสียปริมาณมากสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงโดยลำดับ ทั้งนี้เพราะของเสียมีมากกว่าที่กลไกตามธรรมชาติของแหล่งน้ำนั้นจะบำบัดได้ทัน จนทำให้เกิดผลกระทบต่อการเลี้ยงกุ้งเอง ในที่สุดนากุ้งก็ถูกทิ้งร้างและเกษตรกรจะหาพื้นที่ใหม่สำหรับทำนากุ้งต่อไป

การเลี้ยงกุ้งกุลาค่าจะก่อให้เกิดการทำลายระบบนิเวศของป่าชายเลนจากกิจกรรมการเลี้ยง เช่น การถางป่า การขุดร่องน้ำ การยกคันดิน และยังเป็นการทำลายแหล่งอาหารตามธรรมชาติ แหล่งวางไข่ แหล่งผสมพันธุ์ แหล่งอาศัย และแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนอีกด้วย สภาพของดินที่ผ่านการทำนากุ้งแล้วจะมีค่าความเป็นกรด-เบสและอินทรีย์วัตถุลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเป็นกรด-เบสจะลดลงอยู่ในระดับกรดจัดมาก ($\text{pH} < 4.5$) จนเป็นปัญหาต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง หรือการฟื้นฟูพื้นที่ที่กลับเป็นป่าชายเลน (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2536) พื้นที่ที่ผ่านการทำนากุ้งแล้ว ต้องใช้เวลาที่ยาวนานหากปล่อยให้มีการทดแทนสังคมพืชตามธรรมชาติ เพราะดินจะเสื่อมสภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมี (สนิท อักษรแก้ว, 2538) ดังนั้นจึงมีความพยายามของหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้องในการเข้าไปปลูกป่าทดแทนซึ่งจะก่อให้เกิดสมดุลของระบบนิเวศในบริเวณดังกล่าวได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ดังเช่นบริเวณพื้นที่ศึกษาตำบลทองเนียน อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของดินและน้ำในดินในพื้นที่ที่ปลูกป่าชายเลนทดแทนในนากุ้งร้าง ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาพื้นที่นากุ้งร้างให้กลับสู่สภาพป่าชายเลนอีกครั้งหนึ่ง และจะช่วยส่งเสริมให้มีการดำเนินการปลูกป่าชายเลนในพื้นที่บริเวณอื่นๆ ของประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษาอยู่ในพื้นที่ของศูนย์ผลิตพันธุ์ไม้ป่าชายเลน ตำบลทองเนียน อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้มีโครงการนำร่อง ของ ITTO (International Tropical Timber Organization) Project ซึ่งทำการทดลองปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งที่ถูกทิ้งร้างเนื่องจากปัญหาการเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำและการแพร่ระบาดของโรคกุ้ง โดยใช้พันธุ์ไม้ 4 ชนิด คือ ไม้โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) แสมทะเล (*Avicennia marina*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) และโปรงแดง (*Ceriops tagal*) แต่ละชนิดปลูกในพื้นที่เท่ากัน ชนิดละ 0.8

เฮกแตร์ รวม 3.2 เฮกแตร์ โดยมีระยะห่างระหว่างต้น 1.5 x 1.5 เมตร ทำการปลูกในระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม 2538 (JAM, 1997)

พื้นที่ศึกษาได้รับปริมาณฝนเฉลี่ย 2,567 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณฝนเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 105 มิลลิเมตร ขณะที่ปริมาณฝนเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 591 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน 27.1 °c ผันแปรตั้งแต่ต่ำสุด 25.7 °c ในเดือนธันวาคม ถึงสูงสุด 28.3 °c ในเดือนเมษายนและพฤษภาคม ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปี 87 เปอร์เซ็นต์ (ข้อมูลเฉลี่ยในคาบ 10 ปี พ.ศ. 2534-2544 จากกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช) พิสัยของน้ำขึ้น-น้ำลงอยู่ระหว่าง 1-1.5 เมตร

กำหนดพื้นที่ศึกษาแปลงปลูกป่าชายเลนดังกล่าวซึ่งในปี 2544 มีอายุประมาณ 6 ปี เพื่อศึกษาสมบัติของดินและน้ำในดินภายใต้พันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดดังกล่าว คือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง แบ่งขนาดของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ภายใต้พันธุ์ไม้แต่ละกลุ่ม ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินผิวหน้าลึก 0 -15 ซม. 3 ตัวอย่าง จากจุดเก็บในบริเวณใกล้เคียง รวมทั้งสิ้น 36 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังได้เก็บตัวอย่างดินในบริเวณนาทุ่งร้างจากพื้นที่ใกล้เคียงซึ่งไม่ได้ทำการปลูกป่าทดแทน แต่ปล่อยให้มีการทดแทนสังคมพืชตามธรรมชาติอีก 1 บริเวณ 3 ตัวอย่าง รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 39 ตัวอย่าง ตัวอย่างดินจะถูกผึ่งให้แห้ง (air dry) บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 (สำหรับวิเคราะห์พารามิเตอร์ ในข้อ 5-7) และ 2 มม. (สำหรับวิเคราะห์พารามิเตอร์ ในข้อ 1-3) โดยมีพารามิเตอร์และวิธีการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 1 สำหรับคุณภาพน้ำในดินได้ทำการศึกษาโดยนำท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. เจาะรูขนาด 1 ซม. ด้วยระยะห่าง 2 ซม. โดยรอบ โดยเจาะสูงขึ้นมา 30 ซม. จากโคนท่อ หุ้มด้วยผ้ากรอง แล้วนำไปปักลงในดินลึก 30 ซม. จากผิวหน้าดิน ปิดปากท่อด้วยผ้ากรองเพื่อกันเศษใบไม้ร่วงหล่นลงสู่ท่อ จุดเก็บตัวอย่างน้ำจะอยู่ในบริเวณเดียวกันกับจุดเก็บตัวอย่างดิน ตัวอย่างน้ำที่สุบขึ้นมาจากท่อ PVC จะถูกบรรจุในขวดพลาสติก (polyethylene) ขนาด 500 ml แห่เย็นในถังโฟมที่บรรจุน้ำแข็ง แล้วนำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีพารามิเตอร์และวิธีการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 2 ทำการเก็บข้อมูลดินและน้ำในดิน 2 ครั้ง คือ ในเดือนเมษายน 2544 และในเดือนพฤษภาคม 2545

ข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างที่วิเคราะห์ซ้ำและทดสอบความแตกต่างระหว่างสมบัติของดินและน้ำในดินในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและระหว่างช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างโดยใช้ One-Way Analysis of Variance (ANOVA) โดยพิจารณาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 โดยวิธีของ Duncan new 's multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS ช่วยในการวิเคราะห์

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. ความเป็นกรด-เบส (pH)	1 : 5 Soil : Water extract, pH meter
2. การนำไฟฟ้า (soil conductivity)	1 : 5 Soil : Water extract, Glass Electrode
3. ปริมาณขนาดอนุภาคดิน (particle size distribution: % sand, %silt, %clay)	Hydrometer Method (Smith and Atkinson, 1975)
4. เนื้อดิน (texture)	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของขนาดอนุภาคดินกับตารางชั้นเนื้อดิน
5. อินทรีย์วัตถุ (soil organic matter : OM)	Walkley and Black Rapid Titration (Tan, 1996)
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen : TN)	Kjeldahl Method (Tan, 1996)
7. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus : TP)	Perchloric Acid Method (Jackson, 1958)

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในดิน

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. ความเป็นกรด-เบส (pH)	ตรวจวัดในสนาม โดย pH Meter
2. การนำไฟฟ้า (conductivity)	ตรวจวัดในสนาม โดย YSI Instrument Model 30
3. ความเค็ม (salinity)	ตรวจวัดในสนาม โดย YSI Instrument Model 30
4. ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (biochemical oxygen demand : BOD)	5 - day BOD Test (AWWA, 1998)
5. แอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia - nitrogen : $\text{NH}_4\text{-N}$)	Phenolhypochlorite Method (Parson et al., 1989)
6. ไนไตรท์ไนโตรเจน (nitrite - nitrogen : $\text{NO}_2\text{-N}$)	Colorimetric Method (Parson et al., 1989)
7. ไนเตรทไนโตรเจน (nitrate - nitrogen : $\text{NO}_3\text{-N}$)	Reduction by Cadmium-Copper Column (Parson et al., 1989)
8. ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen : TN)	Semi - Micro - Kjeldahl Method (AWWA, 1998)
9. ฟอสเฟตฟอสฟอรัส (phosphate - phosphorus : $\text{PO}_4\text{-P}$)	Molybdenum Blue Method, Murphy and Riley (Strickland and Parson, 1972)
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus : TP)	Persulfate Oxidation Method, followed by Ascorbic Acid Method (Strickland and Parson, 1972)

ผลและวิจารณ์ผล

JAM (1997) รายงานว่า ก่อนทำการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทดแทนในเดือนกันยายน 2537 ดินชั้นผิวหน้าในพื้นที่ศึกษาเป็นดินที่แข็งมากจนถึงระดับความลึก 20 ซม. มีรากพืชที่ตายแล้วจำนวนมาก ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับการขุดสร้างบ่อ อุณหภูมิที่ผิวหน้าดินอยู่ในช่วง $34\text{-}35^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิดินในชั้นล่างมีค่าประมาณ 31°C ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีค่าระหว่าง $+60$ ถึง $+129$ mV ที่ระดับความลึกเกินกว่า 40 ซม. ดินมีค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลเป็นลบและเป็นลบสูงถึง -396 mV ที่ระดับความลึก 80 ซม. ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำใต้ดินมีค่า $7.07 - 7.11$ และในเดือนสิงหาคม 2538 และมีนาคม 2539 หลังจากปลูกป่าทดแทนแล้วเป็นเวลา 1 ปี และ 1 1/2 ปี ตามลำดับ อุณหภูมิที่ผิวหน้าดินอยู่ในช่วง 30°C อุณหภูมิดินในชั้นล่างมีค่าประมาณ 29°C ในเดือนสิงหาคม 2538 พบว่าค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลที่ระดับ 70 ซม. จากผิวหน้า มีค่า -187 ถึง -280 mV ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำใต้ดินมีค่า $6.6 - 7.2$ ในเดือนกันยายน 2539 ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีค่าเป็นบวกจนถึงที่ระดับความลึก 70 ซม. จากผิวดิน

สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินและน้ำในดินในนาุ้งร้างภายหลังการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด (โกงกางใบเล็ก แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง) เป็นระยะเวลาประมาณ 6-7 ปี เปรียบเทียบกับนาุ้งร้างที่ได้มีการปลูกป่าทดแทนปล่อยให้มีการทดแทนของสังคมพืชตามธรรมชาติ (ตารางที่ 3 และ 4) สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินของพื้นที่นาทุ่งร้างที่ฟื้นฟูโดยการปลูกป่าทดแทนและที่ไม่ได้ฟื้นฟู
ปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติ

พารามิเตอร์	เวลา	แปลงปลูกป่าชายเลนทดแทน				นาทุ่งร้าง
		โปรง	ถั่ว	แสม	โกงกาง	
pH	เมย. 44	^a 7.05 (0.19)	^a 7.22 (0.15)	^a 6.83 (0.23)	^a 6.42 (0.93)	^a 7.49 (0.15)
	พค. 45	^a 6.73 (0.35)*	^a 6.73 (0.39)*	^a 6.85 (0.32)	^a 6.53 (0.37)	^a 6.83 (0.27)
Salinity (ppt)	เมย. 44	^a 2.17 (0.23)	^a 1.90 (0.29)	^a 1.76 (0.27)	^a 1.18 (0.24)	^a 2.13 (0.15)
	พค. 45	^a 4.83 (0.56)*	^a 4.67 (0.50)*	^a 3.60 (0.67)*	^a 5.17 (0.71)*	^a 3.67 (0.29)*
Conductivity (mS cm ⁻¹)	เมย. 44	^a 4.27 (0.49)	^a 3.61 (0.53)	^a 3.33 (0.45)	^a 2.26 (0.47)	^a 4.15 (0.38)
	พค. 45	^a 80.33(15.07)*	^a 83.89 (6.51)*	^a 56.11 (6.97)*	^a 87.22 (15.02)*	^a 70.00 (0.00)*
OM (%)	เมย. 44	^a 3.36 (1.02)	^a 3.70 (0.24)	^a 3.52 (0.75)	^a 3.46 (0.63)	^a 4.21 (0.79)
	พค. 45	^a 3.35 (0.97)	^a 3.98 (1.12)	^a 3.26 (0.49)	^a 4.15 (0.55)*	^a 3.69 (0.17)
TN (mg g ⁻¹ dry wt)	เมย. 44	^a 2.606 (0.146)	^a 2.660 (0.260)	^a 2.412 (0.354)	^a 2.716 (0.319)	^a 3.151 (0.171)
	พค. 45	^a 2.234 (0.628)	^a 1.577 (0.711)*	^a 2.214 (0.648)	^a 2.372 (0.559)	^a 2.296 (0.074)*
TP (mg g ⁻¹ dry wt)	เมย. 44	^a 0.234 (0.073)	^a 0.103 (0.032)	^a 0.174 (0.114)	^a 0.118 (0.046)	^a 0.113 (0.037)
	พค. 45	^a 0.279 (0.113)*	^a 0.479 (0.402)*	^a 0.621 (0.251)*	^a 0.599 (0.410)*	^a 0.397 (0.935)*
% Sand	เมย. 44	^a 37.07(3.08)	^a 34.49(4.03)	^a 37.09(5.35)	^a 36.48(4.40)	^a 38.33 (0.16)
	พค. 45	^a 37.64(1.10)	^a 37.92(6.35)	^a 40.20(3.13)*	^a 39.61(4.53)	^a 38.52 (1.00)
% Silt	เมย. 44	^a 36.53 (4.37)	^a 37.33 (3.92)	^a 36.50(6.42)	^a 37.58 (3.29)	^a 35.19 (1.89)
	พค. 45	^a 11.55 (2.49)*	^a 6.92 (5.64)*	^a 11.11(1.62)*	^a 14.22 (4.21)*	^a 15.33 (0.58)*
% Clay	เมย. 44	^a 26.40 (2.62)	^a 28.18 (2.86)	^a 26.41 (10.64)	^a 25.93 (5.04)	^a 26.15 (1.15)
	พค. 45	^a 50.81 (2.92)*	^a 55.16 (1.89)*	^a 48.69 (4.49)*	^a 46.16 (6.43)*	^a 46.15 (1.15)*
Texture	เมย. 44	loam	loam	loam	loam	loam
	พค. 45	sandy clay	sandy clay	clay	clay loam	clay loam

หมายเหตุ : แสดงค่าเฉลี่ยและ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ 9 ซ้ำ (ยกเว้นจุดเก็บตัวอย่างในนาทุ่งร้างวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตัวอักษรด้านซ้ายมือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง ในช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างเดียวกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* ด้านขวามือ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำในดินของพื้นที่นาทุ่งร้างที่ฟื้นฟูโดยการปลูกป่าชายเลนทดแทน
และที่ไม่ได้ฟื้นฟูปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติ

พารามิเตอร์	เวลา	แปลงปลูกป่าชายเลนทดแทน				นาทุ่งร้าง
		โปรง	ถั่ว	แสม	โกงกาง	
pH	เม.ย. 44	'6.68 (0.17)	'6.30 (0.19)	'6.53 (0.08)	'6.17 (0.15)	'6.98 (0.17)
	พ.ค. 45	'7.04 (0.22)*	'6.97 (0.22)*	'7.11 (0.31)*	'6.68 (0.27)*	'8.33 (0.06)*
Salinity (psu)	เม.ย. 44	'38.84 (2.82)	'36.17 (2.52)	'35.81 (1.35)	'42.93 (2.36)	'37.83 (1.17)
	พ.ค. 45	'40.07 (3.56)	'42.89 (10.09)	'41.01 (3.85)*	'42.61 (2.58)	'33.50 (0.10)*
Conductivity (mS cm ⁻¹)	เม.ย. 44	'58.25 (3.66)	'55.10 (3.38)	'54.30 (1.82)	'63.76 (3.11)	'56.83 (1.79)
	พ.ค. 45	'60.11 (4.63)	'58.16 (6.88)	'82.29 (4.71)*	'63.36 (3.41)	'51.20 (0.30)*
BOD (mg l ⁻¹)	เม.ย. 44	'14.33 (4.02)	'15.57 (2.38)	'8.33 (2.87)	'9.03 (3.43)	'9.00 (1.31)
	พ.ค. 45	'5.18 (2.04)*	'8.92 (4.63)*	'5.64 (2.05)	'5.58 (2.03)*	'9.25 (2.17)
NH ₄ -N (mg l ⁻¹)	เม.ย. 44	'0.925 (0.412)	'0.685 (0.631)	'0.357 (0.173)	'0.155 (0.063)	'0.061 (0.005)
	พ.ค. 45	'0.306 (0.299)*	'0.152 (0.147)*	'0.176 (0.184)*	'0.164 (0.148)	'0.037 (0.012)*
NO ₃ -N (mg l ⁻¹)	เม.ย. 44	'0.009 (0.012)	'0.005 (0.003)	'0.013 (0.016)	'0.022 (0.014)	'0.001 (0.000)
	พ.ค. 45	'0.110 (0.101)*	'0.120 (0.125)*	'0.050 (0.047)	'0.083 (0.113)	'0.027 (0.024)
TN (mg l ⁻¹)	เม.ย. 44	'1.136 (0.442)	'0.917 (0.712)	'0.574 (0.175)	'0.344 (0.071)	'0.192 (0.005)
	พ.ค. 45	'1.111 (0.692)*	'1.004 (0.535)*	'0.858 (1.327)*	'0.796 (0.830)*	'1.173 (0.323)*
PO ₄ -P (mg l ⁻¹)	เม.ย. 44	'0.477 (0.269)	'0.322 (0.163)	'0.480 (0.281)	'0.087 (0.123)	'0.019 (0.021)
	พ.ค. 45	'0.105 (0.087)*	'0.170 (0.142)	'0.200 (0.180)*	'0.354 (0.190)*	'0.052 (0.055)
TP (mg l ⁻¹)	เม.ย. 44	'0.887 (0.467)	'0.377 (0.153)	'0.562 (0.294)	'0.138 (0.163)	'0.046 (0.048)
	พ.ค. 45	'0.585 (0.598)	'0.815 (0.652)	'0.284 (0.166)	'0.408 (0.442)	'0.973 (0.087)*

หมายเหตุ : แสดงค่าเฉลี่ยและ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ 9 ซ้ำ (ยกเว้นจุดเก็บตัวอย่างใน
นาทุ่งร้างวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตัวอักษรด้านซ้ายมือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง ในช่วง
เวลาการเก็บตัวอย่างเดียวกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

• ด้านขวามือ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง ในแต่ละจุดเก็บตัว
อย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

สมบัติของดิน

ความเป็นกรด-เบส (pH) ของดิน

ความเป็นกรด-เบส (pH) ที่วัดภายในห้องปฏิบัติการ มีค่าอยู่ในช่วง 6.42–7.49 ซึ่งอยู่ในระดับกรดเล็กน้อย (slightly acid) ถึงด่างเล็กน้อย (slightly alkaline) ซึ่งดินปาล์มน้ำมันทั่วไปส่วนใหญ่มีค่า pH ที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการต่ำกว่า 7 ทั้งนี้เพราะดินปาล์มน้ำมันทั่วไปจะมีกำมะถันหรือสารประกอบของกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถรวมกับเหล็กในรูปของสารประกอบไพไรต์ (pyrite : FeS_2) เมื่อดินแห้งจะเกิดออกซิเดชันขึ้น ค่า pH จะเริ่มลดลง และจุลินทรีย์จะมีบทบาทช่วยในการออกซิไดส์กำมะถันและไพไรต์ให้กลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ได้

การที่ pH ของดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นกรดเล็กน้อย น่าจะเป็นผลจากในช่วงที่พื้นที่ถูกใช้ทำนาทุ่งเกษตรกรจะต้องปรับ pH โดยการใส่ปูนขาว รวมทั้งปัจจุบันพื้นที่บริเวณดังกล่าวมีน้ำทะเลท่วมถึงอยู่เสมอ ค่า pH ที่วัดได้ในปี 2545 มีแนวโน้มลดต่ำลง และโดยทั่วไปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชนิดของพืช แต่มีข้อสังเกตว่าดินภายใต้บริเวณที่ปลูกโกโก้มีค่า pH ค่อนข้างต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ ในทั้ง 2 ปีที่ทำการศึกษา ซึ่งค่าดังกล่าวนี้จะสัมพันธ์กับค่าอินทรียวัตถุ (organic matter: OM) ซึ่งมีค่าสูงในบริเวณที่ปลูกโกโก้ ซึ่งการย่อยสลายอินทรียวัตถุทำให้ดินมี pH ต่ำลง

การนำไฟฟ้า (Conductivity)

การนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 2.26–87.22 mS cm^{-1} ซึ่งเป็นระดับปานกลางถึงสูงมาก และค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในปี 2544 และปี 2545 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกบริเวณที่เก็บตัวอย่าง โดยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้นี้สอดคล้องกับค่าความเค็มและปริมาณอนุภาคดินเหนียวซึ่งในปี 2545 มีค่าที่ตรวจวิเคราะห์ได้สูงขึ้นเช่นกัน ซึ่ง Long and Mason (1983) ตามที่อ้างถึงในสินี ดงไม้ น้ำ และคณะ (2538) กล่าวว่าค่าการนำไฟฟ้าขึ้นกับปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณและชนิดของอนุภาคดินเหนียว รวมทั้งอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้นลง ได้แก่ ความถี่และช่วงเวลาที่มีน้ำทะเลท่วมถึง ตลอดจนปริมาณและการแพร่กระจายของฝน การคายระเหยน้ำ กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินและความลึกของระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งการที่อนุภาคดินเหนียวมีพื้นที่ผิวสูงจึงสามารถดูดซับประจุบวกของธาตุต่างๆ ได้สูง และสามารถอุ้มน้ำได้สูง ดังนั้นบริเวณที่มีน้ำขึ้นน้ำลงอยู่เสมอมีค่าการนำไฟฟ้าไม่แน่นอน

ความเค็ม (salinity)

ความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 1.18 – 5.17 psu ซึ่งในช่วงปี 2545 มีค่าสูงกว่าปี 2544 อย่างมีนัยสำคัญในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับความเค็มของน้ำในดินซึ่งในปี 2545 มีแนวโน้มสูงขึ้น

อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter : OM)

ปริมาณอินทรียวัตถุที่วิเคราะห์ได้มีค่าระหว่าง 3.26–4.21 ซึ่งมีระดับค่อนข้างสูงถึงสูง และโดยทั่วไปไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุในปี 2545 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2544 ยกเว้นในบริเวณที่ปลูกโกโก้มีแนวโน้มของการสะสมอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบกับค่าอินทรียวัตถุของปาล์มน้ำมันทั่วไป จะพบว่าดินในบริเวณที่ทำการศึกษามีค่าอินทรียวัตถุต่ำกว่า ซึ่งอาจเป็นเพราะพันธุ์ไม้ที่ปลูกคลุมพื้นที่ยังมีอายุน้อย จึงให้ปริมาณเศษกิ่งไม้ ใบไม้ที่ร่วงหล่นไม่มากนัก เพราะโดยทั่วไปอินทรียวัตถุในปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่ได้มาจากการร่วงหล่นของใบไม้และเศษใบไม้ในปาล์มน้ำมันเอง นอกจากนี้ระบบรากของพันธุ์ไม้ปาล์มน้ำมันจะช่วยสะสมอินทรียวัตถุไว้ด้วย อินทรียวัตถุในดินถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายและนำไปใช้เป็นแหล่งของพลังงานหรือสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้ระดับของอินทรียวัตถุลดลงเรื่อยๆ อัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีการระบายอากาศในดินดี ทำให้มีระดับอินทรียวัตถุเหลืออยู่ในดินค่อนข้างต่ำ แต่หากดินอยู่ในสภาพที่