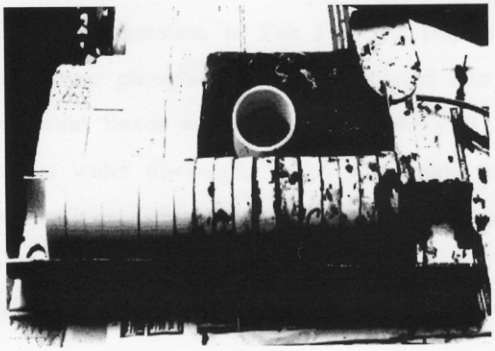
การวิจัยสวนป่าชายเลนด้านสารอาหาร และความสมบูรณ์ชายฝั่ง



บทบาทของสวนป่าชายเลนต่อความอุดมสมบูรณ์ของชายฝั่งทะเลบริเวณปากนคร จังหวัดนครศรีธรรมราช

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

สุริยัณห์ สาระมูล
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 $4.0X10^3$ and $5.34X10^6$ kilogram per day and show a similar trend to the water discharge, which was found to be $1.78X10^3$ (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 $4.0X10^3$ และ $5.34X10^6$ กิโลกรัมต่อวัน โดยมีการพัดจากอ่าวปากพนังเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน ซึ่งมีทิศเช่นเดียวกับอัตราการไหลของน้ำสุทธิ ที่มีค่า $1.78X10^3$ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน การศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของป่าชายเลนในการเป็นแหล่งอาหารของประชาคมแพลงก์ตอนพืช และต่อความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งใกล้เคียง

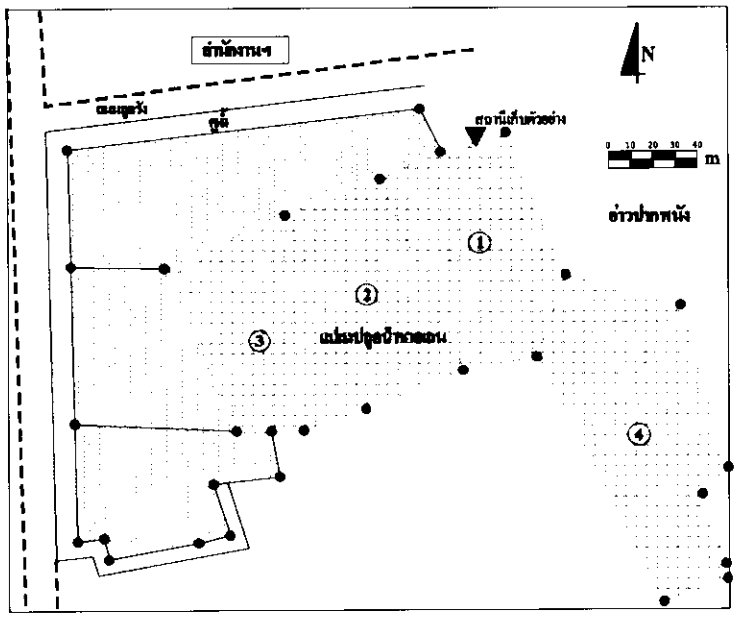
คำหลัก: การแลกเปลี่ยนธาตุอาหาร/สวนป่าชายเลน/ความอุดมสมบูรณ์ชายฝั่ง

คำนำ

ป่าชายเลนในจังหวัดนครศรีธรรมราชบริเวณอ่าวปากพนังมีพื้นที่ทั้งหมด 71,212 ไร่ ซึ่งถูกนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เมื่อประสบความล้มเหลวเนื่องจากโรคระบาดและสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลง เกษตรกรผู้มีทุนน้อยมักต้องทิ้งนาให้ร้าง ซึ่งกรมป่าไม้ได้เข้ามาดำเนินการฟื้นฟูสภาพพื้นที่นากุ้งร้างเหล่านั้นด้วยการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทดแทน เพื่อให้เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำต่าง ๆ ต่อไป บริเวณหมู่ 1 ตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นบริเวณหนึ่งที่มีนากุ้งร้างที่ได้รับการแก้ไขฟื้นฟูสภาพด้วยการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทดแทน โดยอยู่ในความดูแลรับผิดชอบของสถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช พื้นที่แปลงทดลองทั้งหมดประมาณ 30 ไร่ อยู่ในบริเวณของสถานีวิจัยฯ ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านตะวันตกของอ่าวปากพนัง บริเวณบ้านปากนครบน ตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยพันธุ์ไม้ที่ปลูกได้แก่ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronatal*) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculatal*) ถั่วดำ (*Bruguiera parvifloral*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrical*) ตะบูนดำ (*Xylocarpus molccensis*) โปรงแดง (*Ceriops tagal*) จาก (*Nypa fruticans*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) เป็นต้น พันธุ์ไม้ชายเลนที่ปลูกในปัจจุบันมีอายุประมาณ 5 ปี (วิโรจน์ ธีรธนาธร, 2544) พื้นที่ทดลองแบ่งออกเป็น 4 แปลง (รูปที่ 1) คณะผู้วิจัยได้เลือกแปลงปลูกป่าชายเลนหมายเลข 1 ซึ่งมีพื้นที่ป่าประมาณ 3.5 ไร่ เป็นพื้นที่ทำการศึกษาการแลกเปลี่ยนของสารอาหารระหว่างอ่าวปากพนังและแปลงปลูกป่าชายเลน โดยแปลงปลูกป่าชายเลนจะมีคูน้ำล้อมรอบเพื่อเป็นเส้นทางให้น้ำทะเลไหลเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลนที่อยู่ลึกเข้าไปได้ น้ำทะเลจะไหลเข้าสู่แปลงทดลองในช่วงเวลาน้ำขึ้น ส่วนในช่วงน้ำลงน้ำทะเลบางส่วนจะไหลออกจากแปลงทดลองกลับสู่ทะเลอ่าวปากพนัง

สภาพการขึ้นลงของระดับน้ำบริเวณอ่าวปากพนัง จะได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของระดับน้ำในทะเล และจากอัตราการไหลของน้ำต้นทุนจากแม่น้ำต่าง ๆ โดยการขึ้นลงของน้ำทะเลในบริเวณนี้จะมีลักษณะเป็นแบบน้ำผสม (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 ระดับน้ำจะสูงสุดและต่ำสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม โดยมีระดับน้ำต่างกันประมาณ 0.40 – 0.50 เมตร (กรมชลประทาน, 2537)

การไหลเข้าออกของน้ำทะเลผ่านป่าชายเลนในแต่ละวัน เป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่งในการนำเข้าและส่งออกสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการย่อยซากใบไม้ กิ่ง ก้านของไม้ชายเลนที่ตกทับถมกันอยู่ในบริเวณป่าชายเลนออกสู่ทะเลชายฝั่ง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการแลกเปลี่ยนของสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสระหว่างแปลงปลูกป่าชายเลนบริเวณบ้านปากนครและอ่าวปากพนัง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินศักยภาพของสวนป่าชายเลนต่อความอุดมสมบูรณ์ของน้ำทะเลชายฝั่งต่อไป



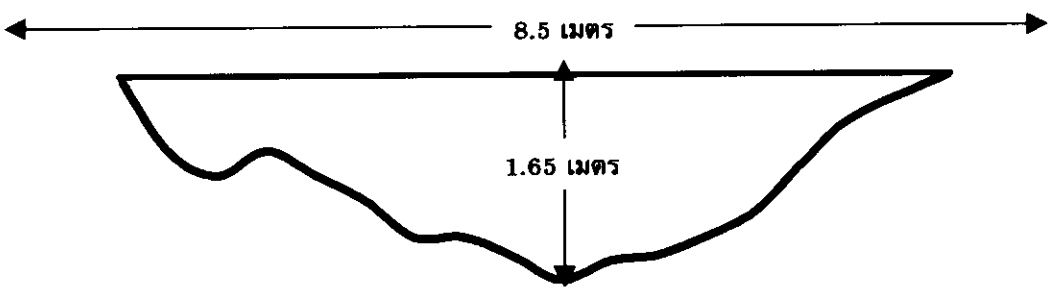
รูปที่ 1 แปลงปลูกป่าชายเลน บริเวณสถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาฟลักซ์การนำเข้าและส่งออกของสารอาหารและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากคลอง ณ สถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 2 บ้านปากนครบน ตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (พิกัด 8° 28.728' N, 100° 03.633' E) ดำเนินการศึกษาในเดือนพฤศจิกายน 2544 โดย

1. ทำการวัดพื้นที่ภาคตัดขวางของปากคลอง บริเวณสถานีวิจัยฯ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทำ sounding

วัดระดับความลึกของน้ำด้วยตุ้มถ่วงน้ำหนัก 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

ในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการศึกษาถึงฟลักซ์การนำเข้าและส่งออกของสารอาหารและตะกอนแขวนลอยระหว่างอ่าวปากพนังและแปลงปลูกป่าชายเลนของสถานีวิจัยฯ ซึ่งจะเป็นการแลกเปลี่ยนสารอาหารโดยตรงระหว่างป่าชายเลนและอ่าวปากพนัง

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

ผลและวิจารณ์ผล

ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นเดือนที่ทำการศึกษาในครั้งนี้พบว่า น้ำขึ้นน้ำลงบริเวณปากคลองที่ทำการเก็บข้อมูลมีเรนจ์น้ำอยู่ที่ 1.05 - 1.11 เมตร ซึ่งตรงกับการศึกษาของกรมชลประทาน (2537) ที่กล่าวไว้ว่า ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม จะมีระดับน้ำสูงสุด จึงทำให้เรนจ์น้ำสูงตามไปด้วย และต่ำสุด (เรนจ์น้ำต่ำ) ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งตรงกับการศึกษาฟลักซ์ของสารอาหาร บริเวณปากคลองปากนคร ในเดือนตุลาคม 2543 และเดือนเมษายน 2544 โดยพบว่าบริเวณดังกล่าว มีเรนจ์น้ำอยู่ที่ 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 ฟลักซ์สุทธิของเกลือ และฟลักซ์สุทธิของสารอาหารในเดือนพฤศจิกายน 2544 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อนำข้อมูลฟลักซ์ของเกลือสุทธิ ฟลักซ์สุทธิของสารอาหาร (เช่น ไนเตรท และ ฟอสเฟต) และ ตะกอนแขวนลอยมาพลอตเทียบกับเวลาใน 2 รอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง ได้ผลดังรูปที่ 3 จะเห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลสุทธิของน้ำคือ น้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่งในเดือนพฤศจิกายนถือว่าเป็นช่วงเดือนที่ระดับน้ำบริเวณอ่าวปากพนังมีค่าสูงสุดในรอบปี จึงทำให้น้ำจากอ่าวปากพนังไหลเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน แต่ในช่วงเวลาเดือนอื่น ๆ จะมีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่แปลงปลูกป่าน้อยมาก อันอาจเนื่องมาจากคลองที่นำน้ำเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลนอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลจึงทำให้มีปริมาณน้ำไหลเข้ามาในคลองและไหลสู่แปลงปลูกป่าชายเลนเป็นปริมาณมากในเดือนพฤศจิกายนดังกล่าว

อัตราการไหลสุทธิของน้ำบริเวณแปลงปลูกป่าชายเลน สถานีวิจัยฯ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544 มีค่าฟลักซ์สุทธิ $1.78X10^{3}$ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีทิศไหลจากอ่าวปากพนังสู่แปลงปลูกป่าชายเลน ฟลักซ์สุทธิของเกลือ, แอมโมเนีย, ไนเตรต + ไนไตรท์, อนินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, อินทรีย์ฟอสฟอรัส, ซิลิเกต, ฟอสฟอรัสแขวนลอย, และตะกอนแขวนลอยในช่วงเดือนดังกล่าว มีค่า $4.00X10^{3}$, 1.36, $9.47X10^{-3}$, 1.37, $4.12X10^{-2}$, $2.90X10^{-1}$, $7.35X10^{-3}$, 3.18, $5.34X10^{6}$ 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 ดังนั้นถ้าเราคิดฟลักซ์ของสารอาหารในรอบปีจะได้ค่าดังตารางที่ 2 และเมื่อพิจารณาถึงฟลักซ์ของสารอาหารที่ส่งผ่านเข้าออกระหว่างแปลงปลูกป่าชายเลน บริเวณสถานีวิจัยฯ คิดเป็นฟลักซ์ต่อพื้นที่ของแปลงปลูกป่า และต่อพื้นที่ป่าชายเลนทั้ง

หมดบริเวณอ่าวปากพนังในรอบ 1 ปี จะได้ ฟลักซ์ของเกลือ และสารอาหารดังตารางที่ 2 สารอาหารเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อประชาคมแพลงก์ตอนพืช ตลอดจนทรัพยากรสิ่งมีชีวิตอื่นในอ่าวปากพนัง ดังนั้นหากมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณอ่าวปากพนังให้อุดมสมบูรณ์ จะส่งผลให้ระบบนิเวศชายฝั่งสมบูรณ์ตามไปด้วย

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

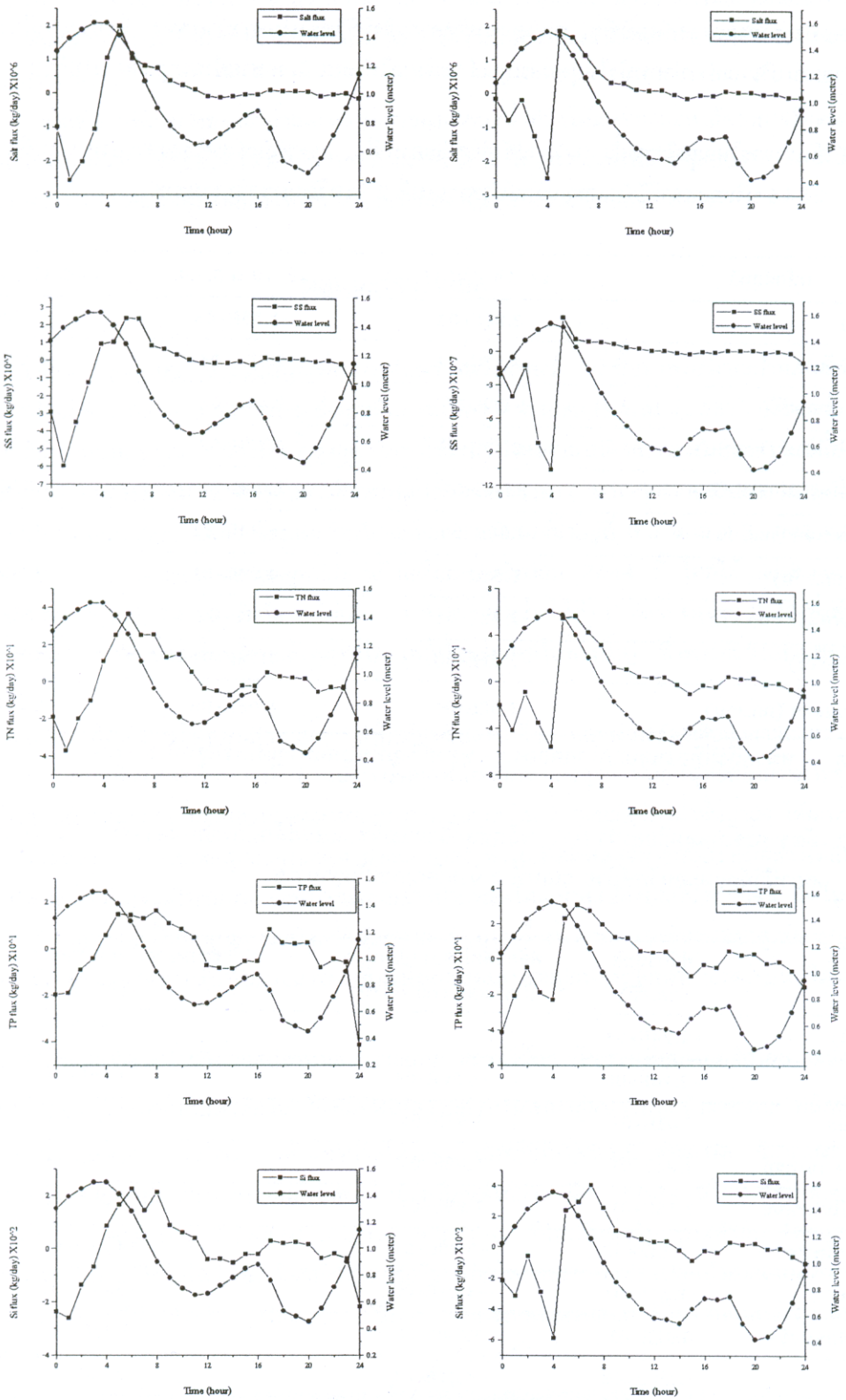
ฟลักซ์สุทธิ	17-18 พ.ย. 44	18-19 พ.ย. 44	เฉลี่ย 17-19 พ.ย. 44
Q ($ม^3$/วัน)	-3.05E+03	-1.33E+03	-1.78E+03
เกลือ (กก./วัน)	-4.27E+04	2.75E+04	-4.00E+03
แอมโมเนีย (กก./วัน)	1.23E+00	9.46E-01	1.36E+00
ไนเตรต + ไนไตรท์ (กก./วัน)	-2.49E-01	5.47E-02	9.47E-03
อนินทรีย์ไนโตรเจน (กก./วัน)	9.80E-01	1.00E+00	1.37E+00
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 ในรอบปีบริเวณสถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช

	ฟลักซ์สุทธิ (กก./ปี)	ฟลักซ์ต่อไร่ของแปลงปลูกป่าชายเลน (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 ตะกอนแขวนลอย ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม บริเวณปากคลอง ณ สถานีวิจัยและอนุรักษ์ป่าชายเลนที่ 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, ไนเตรต + ไนไตรท์, อนินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ฟอสฟอรัส มีทิศไหลจากแปลงปลูกป่าชายเลนสู่อ่าวปากพนัง สำหรับฟลักซ์ของเกลือและตะกอนแขวนลอยมีค่า $4.0X10^3$ และ $5.34X10^6$ กิโลกรัมต่อวัน โดยมีการพัดจากอ่าวปากพนังเข้าสู่แปลงปลูกป่าชายเลน ซึ่งมีทิศเช่นเดียวกับอัตราการไหลของน้ำสุทธิ ที่มีค่า $1.78X10^3$ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน การศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของป่าชายเลนในการเป็นแหล่งอาหารของประชาคมแพลงก์ตอนพืช และต่อความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งใกล้เคียง

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน, 2537. การศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนครศรีธรรมราช. ร่างรายงานฉบับสุดท้าย การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม เสนอโดย บริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด, บริษัท เซ้าท์อีสท์เอเชียเทคโนโลยี่ จำกัด, บริษัทครีเอทีฟ เทคโนโลยี จำกัด.

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, 2444. มาตราน้ำ น่านน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา – อ่าวไทย – ทะเลอันดามัน. กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. 324 หน้า.

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ, 2445. มาตราน้ำ น่านน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา – อ่าวไทย – ทะเลอันดามัน. กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. 324 หน้า.

วิโรจน์ ธีรธนาธร. 2544. การทดลองปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดต่าง ๆเพื่อฟื้นฟูสภาพนากุ้งร้างท้องที่ตำบลปากนคร 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 Oceanoge 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 NO_3^- + 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 และทดลองการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างดินตะกอนและน้ำทะเลเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวะที่อาจเกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าว โดยทั่วไปค่าเฉลี่ยของสารอาหารไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ไนเตรท+ไนไตรท์ และไนโตรเจนอินทรีย์ในดินตะกอนอ่าวปากพนังสูงกว่าในดินตะกอนป่าชายเลนปากนครและป่าชายเลนปากพูนมาก ส่วนฟอสเฟตและฟอสฟอรัสอินทรีย์ไม่แตกต่างกันมากนักในทั้งสามบริเวณที่ศึกษา ฟลักซ์ของสารอาหารระหว่างดินตะกอนและน้ำชั้นบนบ่งชี้ว่าดินตะกอนป่าชายเลนเป็น sink ของไนเตรท+ไนไตรท์และฟอสเฟต และเป็น source ของแอมโมเนียมให้กับน้ำทะเล การศึกษาการปลดปล่อยสารอาหารจากดินตะกอนที่ลึกซึ่งเกิดจากการรบกวนโดยกิจกรรมมนุษย์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสารอาหารแอมโมเนียมและฟอสเฟตถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำในปริมาณสูงและลดความเข้มข้นลงช้า ๆจนเกือบเป็นปกติ ดินตะกอนจากอ่าวปากพนังจึงเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายผิวดินขนาดเล็ก

คำหลัก: สารอาหารในดินตะกอน/ฟลักซ์/อ่าวปากพนัง/นครศรีธรรมราช

คำนำ

การพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมในบริเวณลุ่มน้ำปากพนังทำให้มีการปล่อยของเสียในรูปน้ำทิ้ง และสิ่งปฏิกูลจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งลงสู่แหล่งน้ำมากขึ้น โดยพัดพาผ่านแม่น้ำปากพนัง คลองปากนคร และคลองเล็กๆอีกหลายสายไหลลงสู่อ่าวปากพนัง เป็นผลให้คุณภาพน้ำทะเลและตะกอนดินในบริเวณอ่าวปากพนังเสื่อมโทรมลงกว่าในอดีต การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ถูกปล่อยลงมาพร้อมน้ำทิ้งในแหล่งน้ำมักก่อให้เกิดปัญหาการเพิ่มจำนวนอย่างมากของประชาคมแพลงก์ตอนพืช หรือ ที่เรียกว่าการเกิด "Eutrophication" และมักตามด้วยการลดลงของปริมาณออกซิเจนละลาย เนื่องจากถูกนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ถูกสร้างขึ้นมา สำหรับอ่าวปากพนังซึ่งมีปริมาณอินทรีย์สารถูกปล่อยลงสู่อ่าวโดยตรงในปริมาณมาก ทำให้น้ำทะเลในอ่าวปากพนังหลายบริเวณและโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณหน้าประตูระบายน้ำปากพนังมีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง (<4 มิลลิกรัม/ลิตร) ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2537) โดยในบางครั้งของการสำรวจพบว่าน้ำชั้นล่างมีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร (กัลยา วัฒยากร 2545) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีพของสัตว์น้ำเป็นอย่างยิ่ง

โดยทั่วไปการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์เกิดขึ้นทั้งในน้ำและในดินตะกอน ซึ่งเป็นกระบวนการตามธรรมชาติในการหมุนเวียนของสารอาหารในแหล่งน้ำ ในสภาวะปกติที่แหล่งน้ำมีออกซิเจนละลายพอเพียง (Oxidizing condition) การย่อยสลายอินทรีย์สารจะเปลี่ยนสภาพของไนโตรเจนอินทรีย์เป็นไนเตรท และฟอสฟอรัสอินทรีย์เป็นฟอสเฟต ซึ่งเป็นธาตุอาหารจำเป็นสำหรับแพลงก์ตอนพืชในการสังเคราะห์แสง ส่วนในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน (Reducing condition) ผลผลิตของการย่อยสารอินทรีย์จะเป็นก๊าซไนโตรเจน (กรณีดีไนตริฟิเคชัน) หรือก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (กรณีซัลเฟตรีดักชัน) ดังนั้นดินตะกอนซึ่งเป็นแหล่งสะสมของสารอินทรีย์จึงเป็นแหล่งสะสมของสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วย ในดินตะกอนสารอาหารส่วนหนึ่งจะสะสมโดยละลายอยู่ในน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างเม็ดตะกอน (pore water) และอีกส่วนหนึ่งถูกดูดซับอยู่บนพื้นผิวของตะกอนเอง ดังนั้นจึงเกิดการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างตะกอนผิวดินและน้ำทะเลชั้นบนโดยกระบวนการ diffusionได้ ในแหล่งน้ำตื้นๆเช่นอ่าวปากพนังการรบกวนตะกอนพื้นท้องน้ำทั้งจากการเดินเรือ (โดยเฉพาะเรือหางยาวที่มีใช้กันมาก) และการขุดลอกร่องน้ำเพื่อให้ร่องน้ำมีความลึกมากพอสำหรับการสัญจรของเรือขนาดใหญ่เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่ทำให้มีการปลดปล่อยสารอาหารจากดินตะกอนสู่น้ำทะเลชั้นบนได้ สารอาหารที่ถูกปลดปล่อยออกจากตะกอนดินย่อมมีผลทั้งในแง่บวกและลบต่อระบบนิเวศ ตลอดจนต่อสมดุลของสารอาหารในบริเวณเอสทูรีอ่าวปากพนังด้วย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อประเมินความเข้มข้นของสารอาหารไนโตรเจนฟอสฟอรัสในดินตะกอนผิวหน้าบริเวณอ่าวปากพนัง และศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างตะกอนกับน้ำทะเลชั้นบน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินผลกระทบของการขุดลอกร่องน้ำที่อาจมีต่อระบบนิเวศบริเวณอ่าวปากพนังต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง

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

พันธ์ไม้มีอายุประมาณ 22 ปี ทำการวัดความเป็นกรด-เบส (pH) และค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (E_H) ของชั้นดินตะกอนทันที และใช้มีดพลาสติกสะอาดตัดแบ่งชั้นดินตามระดับความลึกทุก 2 เซ็นติเมตร เก็บตัวอย่างดินตะกอนใส่ในถุงพลาสติกสะอาด เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในห้องปฏิบัติการ

2. การวิเคราะห์

นำดินตะกอนเปียก 40 กรัม เติมสารละลาย NaCl 3% จำนวน 120 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา15 นาที ตั้งทิ้งไว้จนส่วนที่เป็นสารละลายแยกชั้นจากส่วนที่เป็นดินตะกอน กรองสารละลายผ่านแผ่นกรอง Whatman GF/C และนำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรูปแบบต่าง ๆตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972)

ดินตะกอนบางส่วนนำมาทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง Freeze Dryer เลือกเปลือกหอยออก และร่อนดินตะกอนผ่านตะแกรงไนล่อนขนาด 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

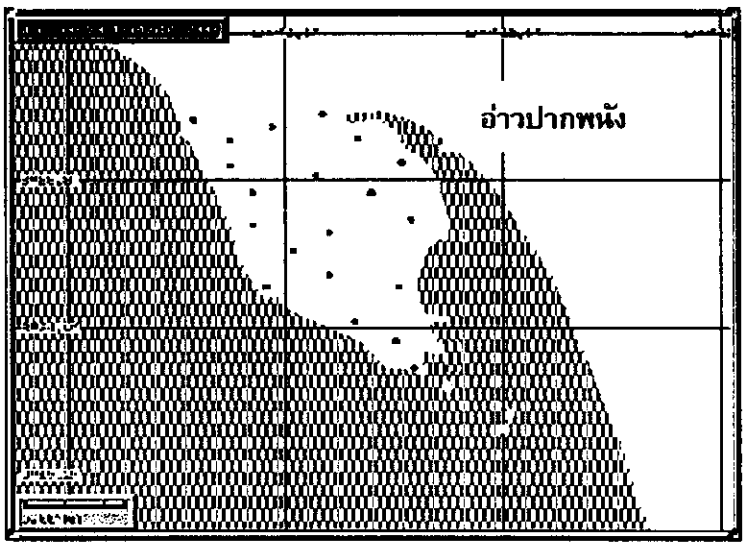
3.1 การศึกษาฟลักซ์ของสารอาหารจากดินตะกอนโดยกระบวนการ diffusion

เก็บตัวอย่างดินตะกอนจากสวนป่าชายเลน 2 แห่ง คือบริเวณปากคลองปาก และบริเวณปากคลองปากพูน โดยใช้ท่ออะคริลิคใส (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซ็นติเมตร x ความสูง 30 เซ็นติเมตร) เก็บชั้นดินตะกอนลึก 20 เซ็นติเมตร แห่งละ 6 ท่อ ใช้แผ่นยางรองปิดปลายท่อตอนล่าง เก็บน้ำทะเลจากบริเวณเดียวกันเพื่อนำมาเติมใส่ในท่อจนเต็ม (ระวังอย่าให้ตะกอนผิวหน้าถูกรบกวน) เตรียมชุดควบคุมโดยใช้ท่อเปล่าใส่น้ำทะเลจนเต็ม (ไม่มีดินตะกอน) ปิดตอนบนของท่อด้วยฝาอะคริลิคซึ่งเจาะรูไว้ 2 ช่อง (สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ 1 ช่องและสำหรับให้อากาศ 1 ช่อง) เป่าอากาศลงในท่อทดลองแต่ละท่อเพื่อให้แน่ใจว่ามีออกซิเจนละลายพอเพียงตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง จากนั้นนำท่อทั้งหมดไปแช่ในถังน้ำเย็นในที่ร่มเพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ที่ประมาณ 30°เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีหลอดนีออนให้แสงสว่างแก่ท่อทดลองในช่วงเวลากลางวัน (10 ชั่วโมง) และปิดไฟในตอนกลางคืน (14 ชั่วโมง) เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด เก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากท่อทดลองแต่ละท่อชั่วโมงละ 1 ครั้ง และเติมน้ำลงไปในท่อทดลองให้ระดับน้ำในท่อคงที่ 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) หลักการคือนำตะกอนส่วนลึกของแท่งดินจากอ่าวปากพนัง 1 ส่วน ผสมกับน้ำทะเล 4 ส่วนโดยปริมาตรในขวดนาลยีน เขย่าสารละลายด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 24 ชั่วโมง กรองน้ำใสผ่านแผ่นกรองขนาด 0.45 ไมครอน และวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำโดยวิธีของ Strickland and Parsons

(1972) ทำการทดลองทั้งสิ้น 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งมีชุดควบคุมซึ่งเป็นการแช่ตัวอย่างน้ำโดยไม่มีตะกอน 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) สำหรับดินตะกอนบริเวณใต้ประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ (ประตูระบายน้ำปากพนัง) มีค่า E_H ต่ำที่สุด (-185 mV) ตะกอนผิวหน้ามีสีดำ และมีกลิ่นเหม็นของ H_2S ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่มีค่าต่ำมาก และดินตะกอนบริเวณดังกล่าวมีการสะสมของอินทรีย์สารสูงที่สุด (OC = 1.84%) การกระจายของสารอาหารในรูปแอมโมเนียม ไนเตรท+ไนไตรท์ อินทรีย์ไนโตรเจน ฟอสเฟต อินทรีย์ฟอสฟอรัส และอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนผิวหน้าอ่าวปากพนังแสดงในรูปที่ 2 จะเห็นว่าสารอาหารทุกรูปแบบ และอินทรีย์คาร์บอนมีการสะสมในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำปากพนัง (ตอนในของอ่าว) ปากคลองปากนคร และปากคลองบางจาก (ฝั่งตะวันตกของอ่าว) สูงกว่าฝั่งตะวันออกและบริเวณกลางอ่าว เนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดของน้ำเสียมากกว่า

สำหรับดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนคลองปากพูนมีค่า pH โดยเฉลี่ยต่ำกว่าดินตะกอนป่าชายเลนปากนครเล็กน้อย และมีค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลโดยเฉลี่ยเป็นลบมากกว่าดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนปากนครเช่นกัน (-119 mV VS -20 mV) ทั้งนี้เนื่องจากป่าชายเลนปากพูนประกอบด้วยพันธุ์ไม้ที่มีอายุมากกว่าป่าชายเลนปากนคร จึงมีอินทรีย์สารจากการผุสลายของซากไม้ กิ่ง และ ใบสะสมอยู่มากกว่าป่าชายเลนปากนคร และทำให้มีการสะสมของสารอาหารในดินตะกอนปากพูนสูงกว่าดินตะกอนปากนครด้วย (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของสารอาหารไนโตรเจนทุกรูปแบบในดินตะกอนป่าชายเลนทั้งสองแห่งต่ำกว่าค่าที่พบในตะกอนผิวหน้าอ่าวปากพนังมาก เนื่องจากอ่าวปากพนังเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่มีสารอาหารไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักจากบริเวณลุ่มน้ำปากพนังโดย

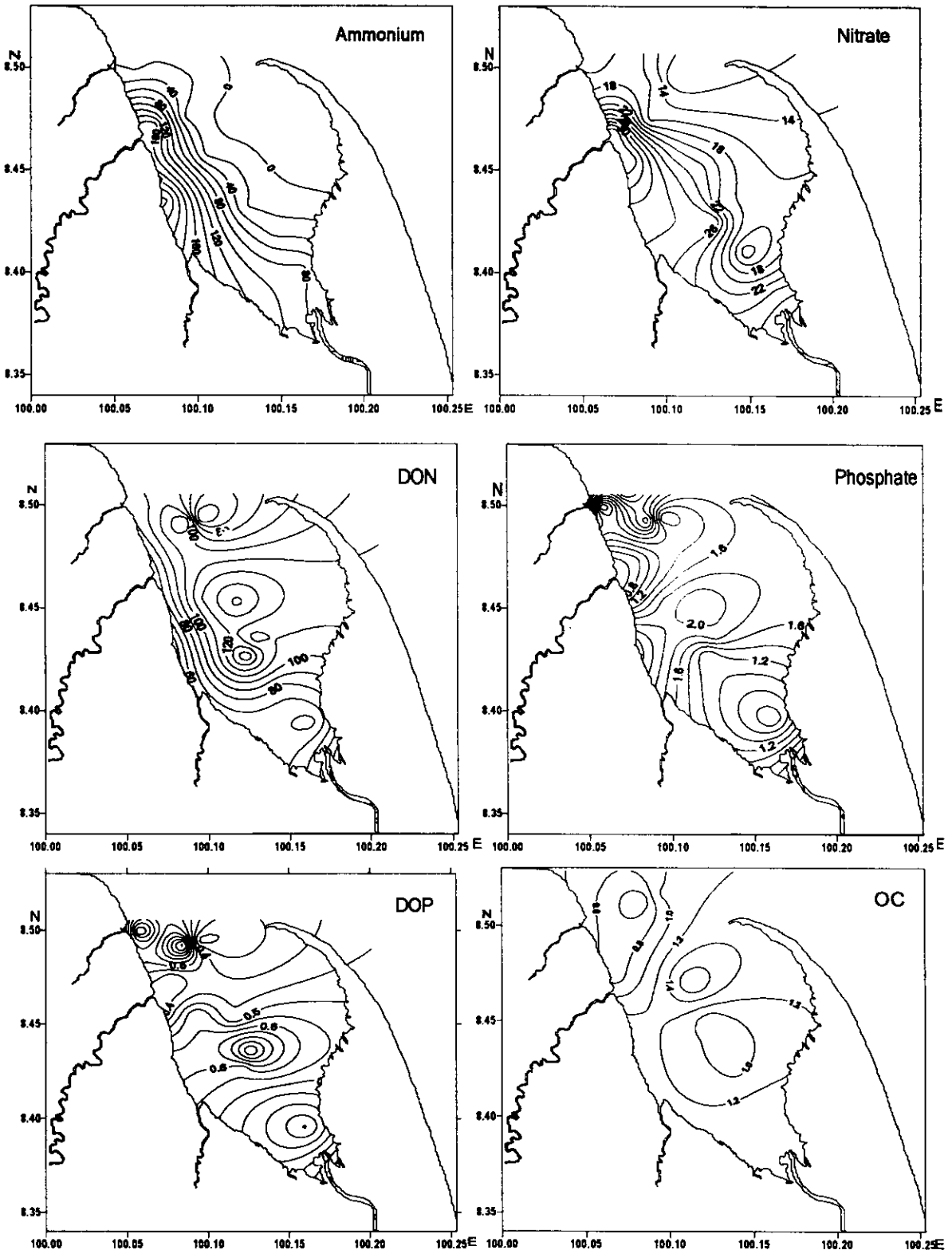
ตรงและตลอดเวลา สำหรับสารอาหารฟอสฟอรัสในดินตะกอนทั้ง 3 บริเวณมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยดินตะกอนป่าชายเลนทั้งสองแห่งสะสมฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงกว่าในอ่าวปากพนังเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากตะกอนบริเวณป่าชายเลนมีโอกาสในการดูดซับฟอสเฟตได้มากกว่าตะกอนในอ่าวปากพนัง เนื่องจากน้ำตื้นกว่าและตะกอนผิวหน้าบริเวณป่าชายเลนได้สัมผัสอากาศบ่อยกว่าในช่วงน้ำลง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

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

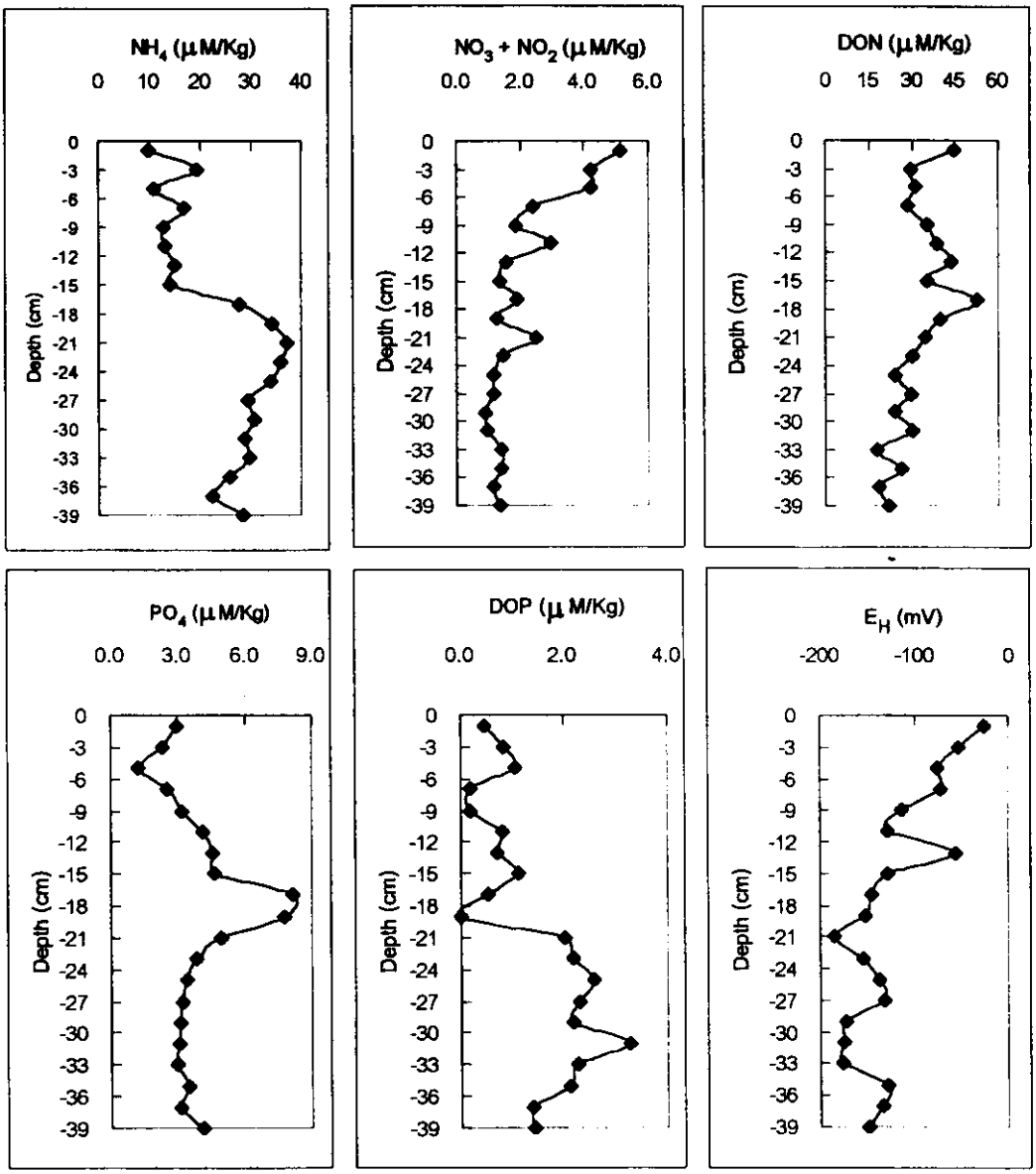
	อ่าวปากพนัง	สวนป่าชายเลน ปากนคร	สวนป่าชายเลน ปากพูน
แอมโมเนียม	56.6 ± 63.6	10.5 ± 7.6	23.9 ± 9.0
	(12.3 - 246.4)	(3.1 - 26.9)	(10.0 - 37.2)
ไนเตรท+ไนไตรท์	21.7 ± 7.8	0.9 ± 0.3	2.0 ± 1.2
	(10.5 - 36.5)	(0.4 - 1.6)	(0.9 - 5.1)
อินทรีย์ไนโตรเจน	85.0 ± 40.7	12.2 ± 5.8	31.9 ± 8.9
	(3.9 - 150.4)	(1.7 - 28.0)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

หมายเหตุ ค่าใน ( ) = Range

การกระจายของสารอาหารตามความลึกของชั้นดินตะกอนในป่าชายเลนแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ไนเตรท+ไนไตรท์ และอินทรีย์ไนโตรเจนแสดงแนวโน้มของการลดลงของความเข้มข้นตามความลึกของชั้นดิน เนื่องจากเมื่อดินอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนไนเตรทจะถูกนำไปใช้ในการย่อยสารอินทรีย์แทนออกซิเจน ทำให้ไนเตรทและอินทรีย์ไนโตรเจนมีปริมาณลดลง ในขณะที่แอมโมเนียมมีการสะสมเพิ่มมากขึ้นในดินชั้นลึกมากกว่าที่ผิว ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลที่เป็นลบมากขึ้นในดินชั้นลึก (ตะกอนอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน ไนเตรทและไนไตรท์ถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียม) สำหรับฟอสเฟตมีการเพิ่มขึ้นตามความลึกคล้ายกับแอมโมเนียม เนื่องจากในสภาวะที่เป็น reducing condition Fe^{+3} จะถูกเปลี่ยนเป็น Fe^{+2} ซึ่งละลายน้ำได้ง่ายและปล่อยฟอสเฟตหลุดออกมาด้วย โดยพบฟอสเฟตมีปริมาณสูงสุดที่ระดับลึกประมาณ 18-20 เซ็นติเมตร ซึ่งเป็นระดับลึกที่พบอินทรีย์ฟอสฟอรัสมีค่าต่ำที่สุด และค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดินต่ำที่สุดเช่นกัน ที่ความลึกกว่านั้นพบฟอสเฟตมีค่าลดลงขึ้น ในขณะที่อินทรีย์ฟอสฟอรัสมีค่าสูงขึ้น และค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดินมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน จะเห็นได้ว่ามีการหมุนเวียนของรูปแบบของสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินตะกอน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดิน

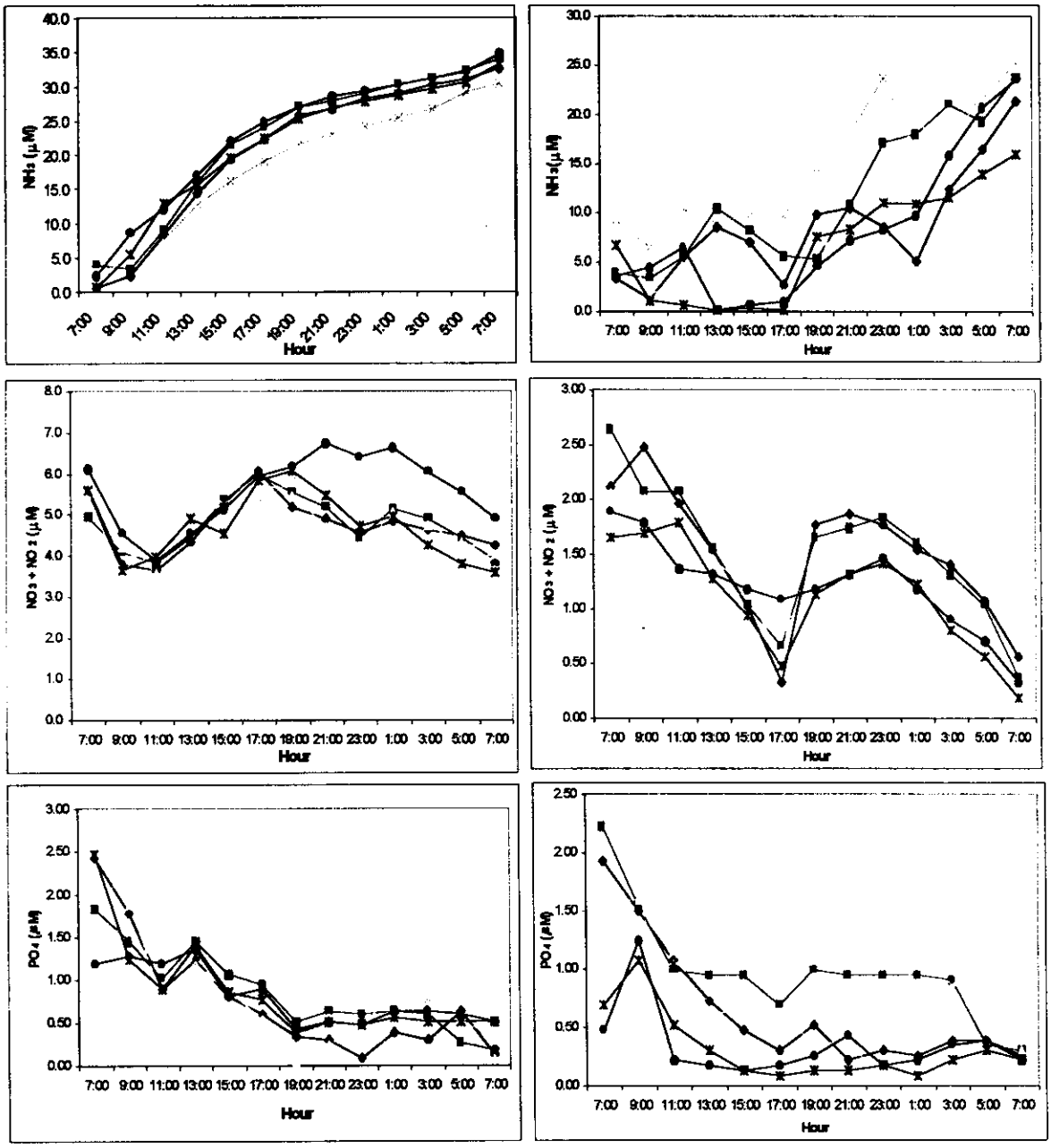


รูปที่ 2 การกระจายของสารอาหาร (μM/Kg) และอินทรีย์คาร์บอน (%) ในดินตะกอนอ่าวปากพนัง



รูปที่ 3 การกระจายของสารอาหารตามความลึกของชั้นดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนปากพูน

สารอาหารที่สะสมอยู่ในดินตะกอนเหล่านี้สามารถ diffuse สู่น้ำชั้นบนได้เมื่อมีน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของสารอาหารน้อยกว่าไหลมาท่วมถึง ซึ่งจากการทดลองการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างดินตะกอนและน้ำชั้นบนในห้องปฏิบัติการได้ผลดังรูปที่ 4 แอมโมเนียมมีการ diffuse จากตะกอนสู่ชั้นน้ำตลอดเวลา ในขณะที่ไนเตรท+ไนไตรท์มีการ diffuseออกสู่น้ำชั้นบนทำให้ปริมาณเพิ่มขึ้นในชั่วโมงแรกและลดลงในระยะต่อมาก่อนที่จะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับมีการนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืช(หรือ benthic algae)ในช่วงเวลากลางวันและ/หรือถูกดูดซับกลับโดยแร่ดินเหนียวในตะกอน ซึ่งเป็นการยากที่จะกล่าวว่ากระบวนการใดสำคัญกว่ากันจากการทดลองครั้งนี้ ส่วนฟอสเฟตมีการ diffuse ออกสู่น้ำชั้นบนในปริมาณมากในชั่วโมงที่ 1 จากนั้นค่าค่อย ๆลดลงเนื่องจากถูกนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชคล้าย ๆกับไนเตรท และแสดงพฤติกรรมของการเกิดบัฟเฟอร์กับตะกอนที่ผิวในช่วงเวลาต่อมาค่าฟอสเฟตจึงค่อนข้างคงที่



A B

รูปที่ 4 ฟลักซ์ของสารอาหาร NH_4 NO_3 + NO_2 PO_4 จากตะกอนป่าชายเลน
(A) ป่าชายเลนปากนคร (อายุ 5 ปี)
(B) ป่าชายเลนปากพูน (อายุ 22 ปี)

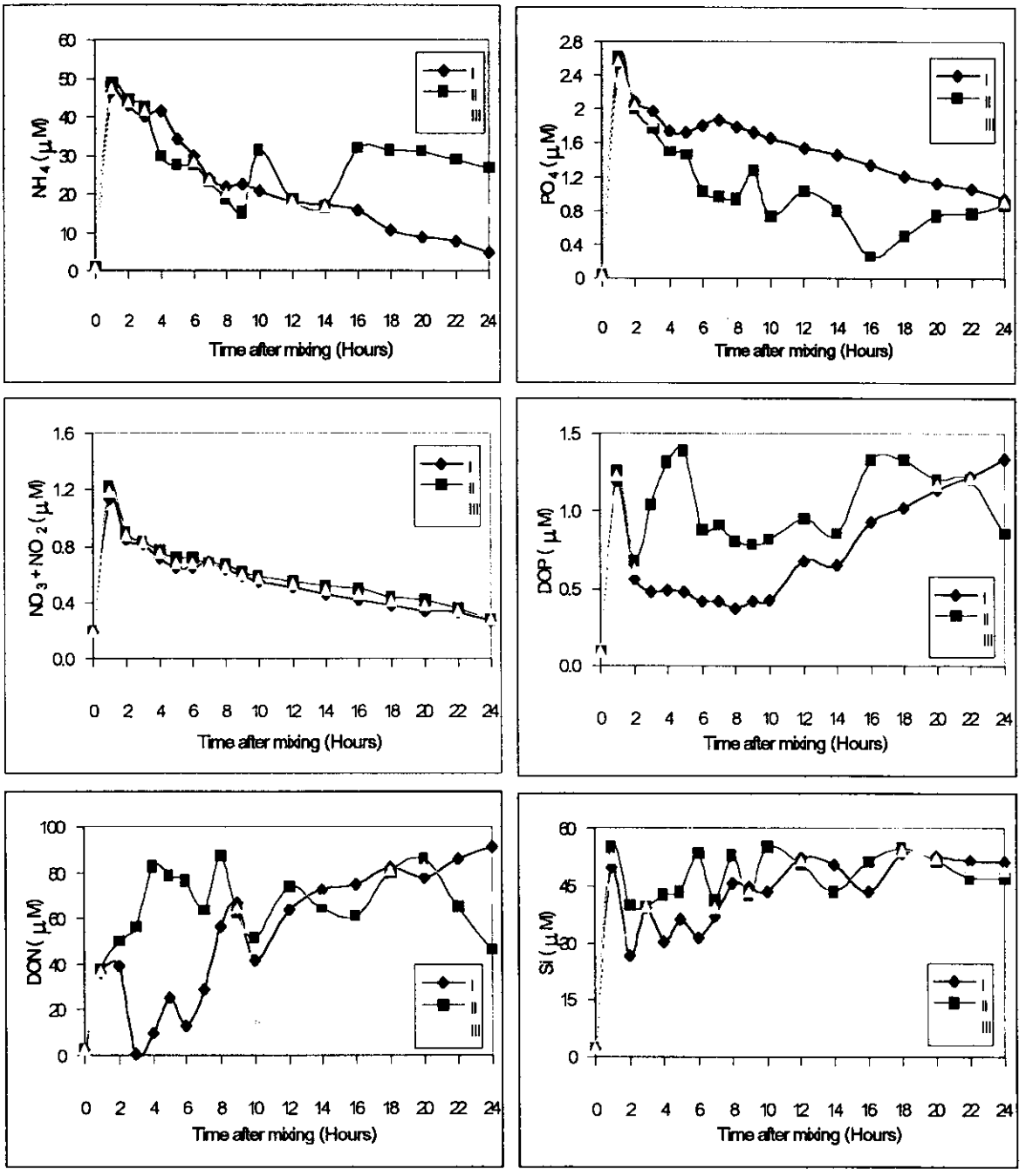
อัตราการแลกเปลี่ยนสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสระหว่างดินตะกอนและน้ำทะเลบริเวณป่าชายเลนปากนครและป่าชายเลนปากพูนแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (Mean ± 1 SE) ของอัตราการแลกเปลี่ยนสารอาหาร ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสระหว่างดินตะกอนและน้ำทะเลบริเวณป่าชายเลน จ.นครศรีธรรมราช (เครื่องหมาย – หมายถึงฟลักซ์เข้าสู่ดินตะกอน)

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

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

การทดลองการปลดปล่อยของสารอาหารจากดินตะกอนอ่าวปากพนังเนื่องจากการถูกรบกวนโดยกิจกรรมมนุษย์แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการทดลองการปลดปล่อยสารอาหารไนโตรเจน (NH_4 NO_3 + NO_2 และ DON) ฟอสฟอรัส (PO_4 และ DOP) และซิลิคอน (Si) จากดินตะกอนอ่าวปากพนัง (I II และ III เป็นจำนวนครั้งของการทำการทดลอง)

สารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทุกรูปแบบจะถูกปลดปล่อยออกจากดินตะกอนเมื่อได้รับการรบกวนจากแรงภายนอก เช่นการกวนตะกอนให้กระจายเนื่องจากใบพัดเรือหางยาว หรือการขุดร่องน้ำที่นำตะกอนจากที่ลึกซึ่งมีสารอาหารสูงมาสัมผัสกับน้ำทะเลข้างบน กิจกรรมเหล่านี้ทำให้น้ำชั้นบนมีปริมาณสารอาหารสูงขึ้นจากเดิมหลายเท่า โดยแอมโมเนียม (สูงขึ้น 68 เท่า) ไนตรท์+ไนเตรท (สูงขึ้น 6 เท่า) และฟอสเฟต (สูงขึ้น 64 เท่า) มีการเพิ่ม

ขึ้นในระยะแรก (ชั่วโมงที่ 1) หลังจากนั้นความเข้มข้นจะค่อย ๆลดลงจนเกือบเป็นปกติภายใน 24 ชั่วโมง ส่วนอินทรีย์ไนโตรเจน (สูงขึ้น 13 เท่า) อินทรีย์ฟอสฟอรัส (สูงขึ้น 13 เท่า) และซิลิเคต (สูงขึ้น 25 เท่า) พบว่าความเข้มข้นในน้ำทะเลที่ได้รับการรบกวนจากกิจกรรมดังกล่าวยังคงมีปริมาณสารเหล่านี้สูงอยู่ อินทรีย์สารเหล่านี้สามารถถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ และจะปล่อยสารอาหารแอมโมเนียม ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟตสู่แหล่งน้ำได้อีก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ากิจกรรมดังกล่าวทำให้สารอาหารในแหล่งน้ำสูงขึ้นกว่าระดับเดิม ซึ่งในบางครั้งอาจสูงมากจนอาจทำให้เกิด Eutrophication ในแหล่งน้ำได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของสารอาหารในดินตะกอนบริเวณเอสทูรีที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์ทั้งในรูปของการปล่อยน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ และการใช้แหล่งน้ำเพื่อการสัญจรไปมา และการประมงชายฝั่งซึ่งทำให้สมดุลของสารอาหารเสียไปชั่วขณะก่อนที่จะกลับสู่สภาพเดิม การแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างตะกอนและน้ำชั้นบนในสภาวะธรรมชาติแสดงให้เห็นถึงความสามารถของตะกอนป่าชายเลนในการกักเก็บสารอาหาร (sink) โดยเฉพาะสำหรับไนเตรทและฟอสเฟต และเป็น source สำหรับแอมโมเนียมซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายผิวดินขนาดเล็กต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วัฒยากร. 2545. สถานภาพสารอาหารในอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 12: สร้างเสริม ประยุกต์ความรู้สู่ชุมชน 28 - 30 สิงหาคม 2545 ณ โรงแรมทวินโลตัส จังหวัดนครศรีธรรมราช สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

วิโรจน์ ธีรธนาธร. 2544. การทดลองปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดต่าง ๆเพื่อฟื้นฟูสภาพนากุ้งร้างท้องที่ตำบลปากนคร 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

สุริยัณห์ สาระมูล
กัลยา วัฒยากร

Suriyan Saramul
Gullaya Wattayakorn

Abstract

Nutrient flux study was conducted at Paknakorn Estuary (Lat. 08° 28.27′ N Long. 100° 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 $7.96X10^5$ (seaward direction) and $1.22X10^6$ (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 ($1.71X10^7$ kilogram per day) was found to be higher than that in the wet season ($8.77X10^5$ kilogram per day).

Key words: Nutrient flux/Estuary/Seasons

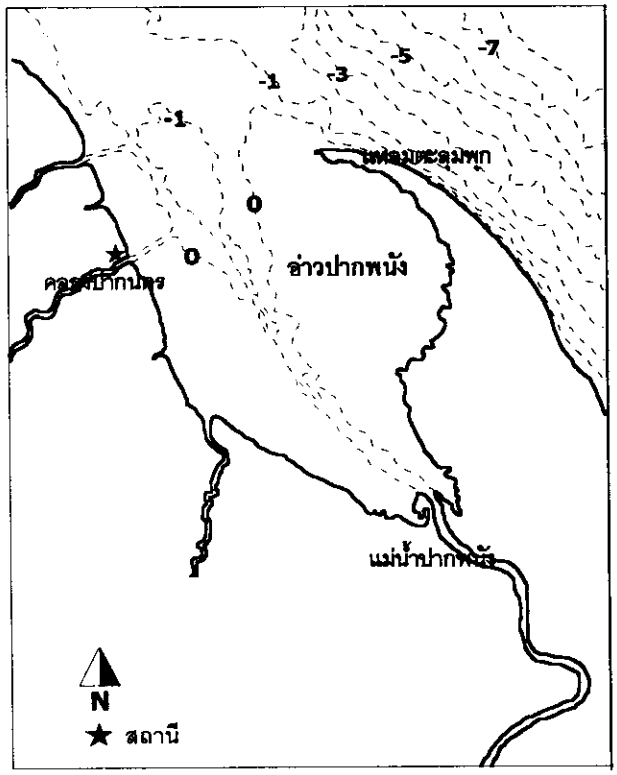
บทคัดย่อ

ศึกษาฟลักซ์ของสารอาหาร ในบริเวณเอสทูรีคลองปากนคร (พิกัด 08° 28.27′ N 100° 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 ไนเตรต + ไนไตรท์ ซึ่งพบว่ามีการพัดพาออกสู่อ่าวปากพนังทั้งสองฤดูกาล สำหรับฟลักซ์ของเกลือและตะกอนแขวนลอย มีการพัดพาออกสู่อ่าวปากพนังในฤดูน้ำหลาก และไหลเข้าสู่คลองปากนครในช่วงฤดูแล้งเช่นเดียวกับฟลักซ์ของสารอาหารตัวอื่น ๆ อัตราการไหลของน้ำสุทธิ มีค่า $7.96X10^5$ (ไหลออก) และ $1.22X10^6$ (ไหลเข้า) ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในฤดูน้ำหลากและฤดูแล้ง ตามลำดับ โดยในช่วงฤดูแล้งน้ำทะเลไหลหนุนเข้าไปยังในคลองปากนครได้มากกว่าช่วงฤดูน้ำหลาก จึงทำให้ฟลักซ์ของเกลือในฤดูแล้งสูงตามไปด้วย คือมีค่า $1.71X10^7$ กิโลกรัมต่อวัน ส่วนในฤดูน้ำหลาก มีค่าเพียง $8.77X10^5$ กิโลกรัมต่อวัน

คำหลัก: ฟลักซ์ของสารอาหาร/เอสทูรี/ฤดูกาล

คำนำ

อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตั้งอยู่ระหว่างพิกัด 08° 21' – 08° 30' N และ 100° 03' – 100° 12' E) เป็นอ่าวที่อยู่ริมฝั่งตะวันออกของภาคใต้ โดยมีแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่ทะเลคือ แม่น้ำปากพนัง อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และมีแม่น้ำสายรองคือ คลองปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (รูปที่ 1)

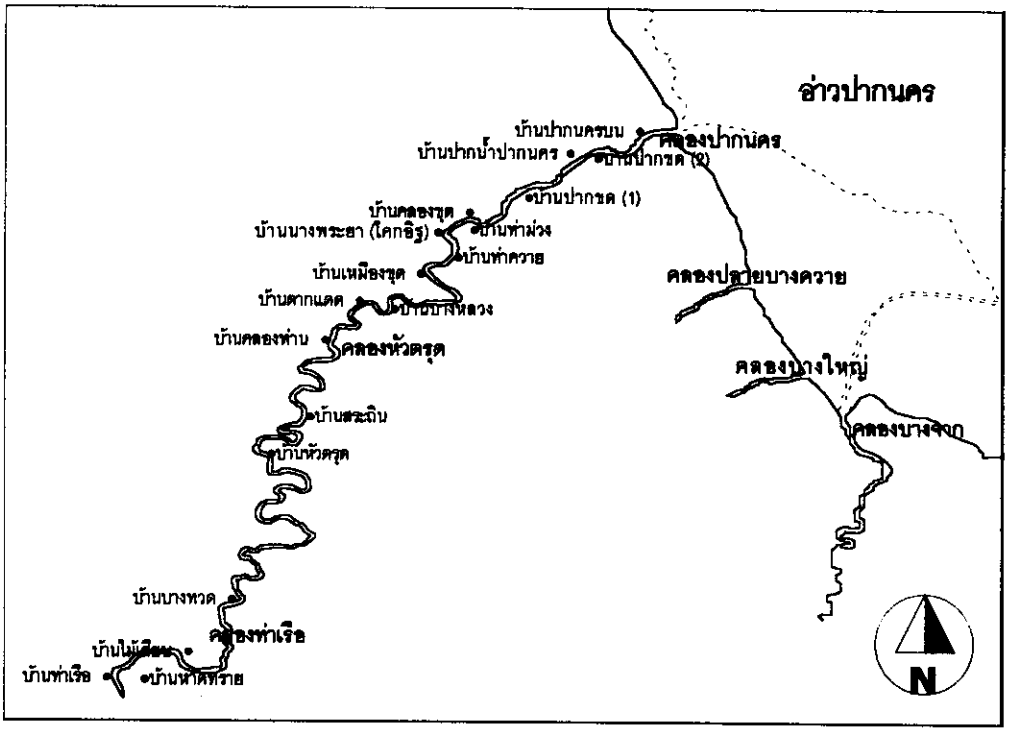


รูปที่ 1 แผนที่อ่าวปากพนัง (ดาวสีแดงเป็นจุดเก็บตัวอย่าง บริเวณคลองปากนคร)

อ่าวปากพนังมีพื้นที่ประมาณ 155 ตารางกิโลเมตร บริเวณร่องน้ำมีความกว้างประมาณ 400 – 600 เมตร ถัดจากร่องน้ำจะเป็นส่วนที่เป็นโคลนทั้งสองฝั่ง คือเมื่อน้ำลดจะมองเห็นทะเลโคลนโผล่ขึ้นมาให้เห็น อ่าวปากพนังเป็นอ่าวตื้น ๆ ดินท้องน้ำมีลักษณะเป็นโคลนล้อมรอบด้วยแผ่นดินทั้ง 2 ด้าน คือ ทางตะวันตกเป็นแผ่นดินใหญ่ ที่เป็นตัวจังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนทางตะวันออก เป็นแผ่นดินที่ยื่นออกไปสู่ทะเล (Sand Spit) เรียกว่า แหลมตะลุมพุก 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 ระดับน้ำจะสูงสุดและต่ำสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม โดยมีระยะต่างกันประมาณ 0.40 – 0.50 เมตร (กรม ชลประทาน, 2537)

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



รูปที่ 2 หมู่บ้านที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำปากนครตั้งแต่ปากน้ำจนถึงต้นน้ำที่หมู่บ้านท่าเรือ

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

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

หมู่บ้าน	กิจกรรมการใช้ที่ดิน
ปากนครบน-ปากน้ำปากนคร	มีการตั้งบ้านเรือนริมน้ำหนาแน่น จะพบการทำนากุ้ง เป็นส่วนมาก มีป่าชายเลนที่โดนทำลายเพื่อทำนากุ้ง และมีส่วนที่เป็นสวนมะพร้าวบางแห่ง
ปากน้ำปากนคร-คลองขุด	พบการทำนากุ้งได้ทั่วไป ในบริเวณที่เป็นป่าชายเลน (ป่าโกงกาง) แต่ไม่มากเท่ากับบริเวณหมู่บ้านปากนคร มีส่วนที่เป็นป่าไผ่ พบย่านอุตสาหกรรมระหว่างหมู่บ้านทั้งสอง
คลองขุด-ตากแดด	พบว่ามีการทำนากุ้งบ้าง แต่ส่วนมากจะมีการทำนาข้าว โดยมีบางส่วนที่เป็นสวนมะพร้าว ชาวบ้านนิยมปลูกมะพร้าวในตัวหมู่บ้าน มีสวนผสม
ตากแดด-หัวตรุด	พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นนาข้าว มีสวนมะพร้าวบ้าง
หัวตรุด-ท่าเรือ	พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นนาข้าว มีพื้นที่ลุ่มน้ำขังบ้าง และพบสวนมะพร้าวตามหมู่บ้าน

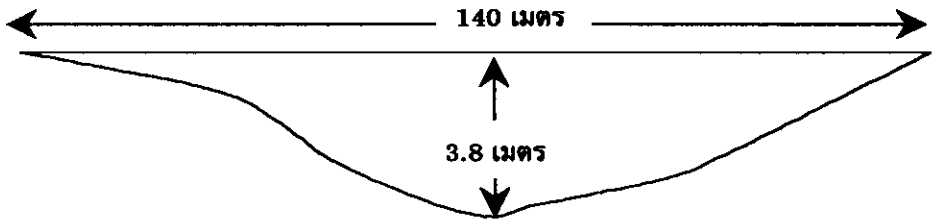
การศึกษาครั้งนี้ จะเน้นการศึกษาฟลักซ์การนำเข้าและส่งออกของสารอาหารในช่วงวัฏจักรการขึ้น-ลงของน้ำทะเล โดยสารอาหารจะศึกษา แอมโมเนีย, ไนเตรต + ไนไตรท์, อนินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, อินทรีย์ฟอสเฟต, ฟอสฟอรัสแขวนลอย และซิลิเกต รวมทั้งศึกษาฟลักซ์ของเกลือและตะกอนแขวนลอยด้วย โดยจะทำการเก็บข้อมูลบริเวณปากคลองปากนคร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

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาฟลักซ์การนำเข้าและส่งออกของสารอาหารและตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำปากนคร(พิกัด 08° 28.27′N 100° 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 วัดระดับความลึกของน้ำด้วยตุ้มถ่วงน้ำหนัก วัดความเร็วของกระแสน้ำด้วยเครื่อง 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 จะทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังกล่าวเพียง 2 ระดับความลึก



รูปที่ 3 ภาคตัดขวางบริเวณปากแม่น้ำปากนคร และระดับความลึกของจุดเก็บตัวอย่างขณะน้ำขึ้นสูงสุด

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

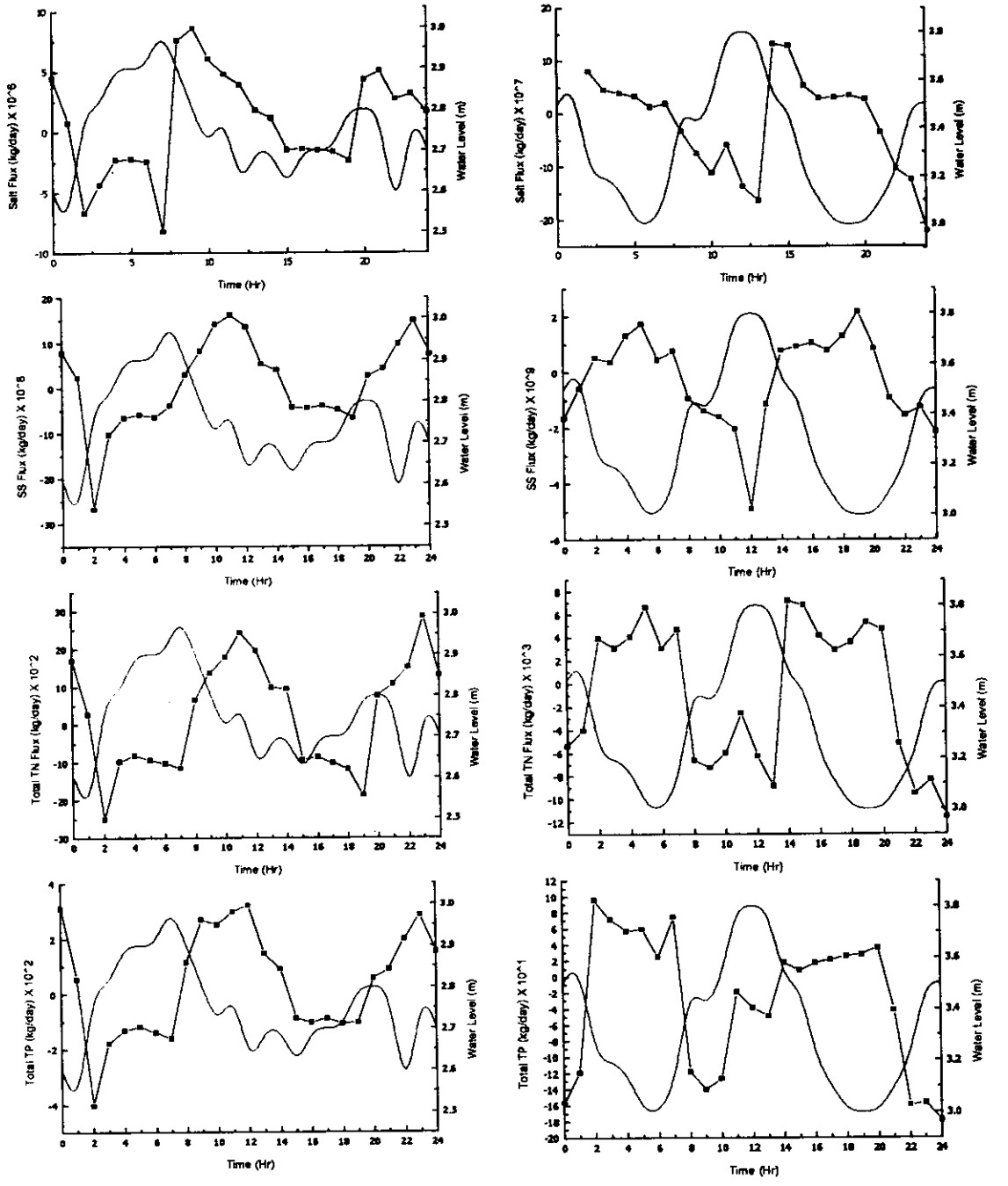
ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาอัตราการไหลสุทธิของน้ำ ฟลักซ์สุทธิของเกลือ และฟลักซ์สุทธิของสารอาหารในฤดูน้ำหลากและฤดูน้ำน้อย แสดงในตารางที่ 2 เมื่อนำข้อมูลฟลักซ์ของเกลือสุทธิ ฟลักซ์สุทธิของสารอาหาร (เช่นไนเตรท และฟอสเฟต) และ ตะกอนแขวนลอยมาพล็อตเทียบกับเวลาใน 1 รอบวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง ได้ผลดังรูป 4

ตารางที่ 2 อัตราการไหลสุทธิของน้ำ (Q), ฟลักซ์สุทธิของเกลือ, และฟลักซ์สุทธิของสารอาหารในฤดูน้ำหลากและฤดูน้ำน้อย

ฟลักซ์สุทธิ	ฤดูน้ำหลาก (ตุลาคม 2543)	ฤดูแล้ง (เมษายน 2544)
Q ($m3.day^{-1}$)	$7.96X10^{5}$	$-1.22X10^{6}$
เกลือ ($kg.day^{-1}$)	$8.77X10^{5}$	$-1.71X10^{7}$
แอมโมเนีย ($kg.day^{-1}$)	$1.07X10^{2}$	$-2.35X10^{2}$
ไนเตรต + 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 (เส้นสีดำ) บริเวณปากคลองปากนครในฤดูน้ำหลาก (ตุลาคม 2543) ซ้ายมือ และฤดูแล้ง (เมษายน 2544) ขวามือ ตามลำดับ เส้นสีน้ำเงินแทนระดับน้ำ (เมตร)

อัตราการไหลสุทธิของน้ำ ในช่วงเดือนตุลาคม 2543 ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำหลาก มีค่าฟลักซ์สุทธิ $7.96X10^5$ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีทิศไหลออกจากคลองปากนครสู่อ่าวปากพนัง ส่วนในเดือนเมษายน 2544 ซึ่งเป็นฤดูน้ำน้อย มีค่าฟลักซ์สุทธิ $1.22X10^6$ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยมีทิศไหลจากอ่าวปากพนังเข้าสู่ปากคลองปากนคร ฟลักซ์สุทธิของเกลือ, แอมโมเนีย, ไนเตรต + ไนไตรท์, อนินทรีย์ไนโตรเจน, อินทรีย์ไนโตรเจน, ฟอสเฟต, อินทรีย์ฟอสฟอรัส, ซิลิเกต, ฟอสฟอรัสแขวนลอย, และตะกอนแขวนลอยในฤดูน้ำหลาก มีค่า $8.77X10^5$, $1.07X10^2$, $2.84X10^1$, $1.35X10^2$, $1.26X10^2$, $3.12X10^1$, 9.91, $2.35X10^3$, $1.66X10^1$, $1.24X10^8$, กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ โดยมีทิศไหลออกจากคลองปากนครสู่อ่าวปากพนังทั้งหมด ส่วนฤดูแล้งมีค่า $1.71X10^7$, $2.35X10^2$, $1.04X10^1$, $2.25X10^2$, $5.93X10^2$, $2.96X10^1$, $3.04X10^1$, $7.00X10^2$, $1.43X10^1$, $2.70X10^8$, กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ โดยมีทิศไหลจากอ่าวปากพนังสู่คลองปากนครทั้งหมด ยกเว้น ไนเตรต + ไนไตรท์ ที่มีทิศไหลออกสู่อ่าวปากพนัง

การเปรียบเทียบฟลักซ์สุทธิของสารอาหารต่อพื้นที่ (drainage area) จากการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาบริเวณคลองหงาว จ. ระนอง (สุภาพร รักเขียว, 2533) คลองลัดเขาขาว จ. พังงา (Wattayakorn, 1996) และ แม่น้ำตาปี จ. สุราษฎร์ธานี (สมภพ เหลืองกังวานกิจ, 2541) (ตารางที่ 3) พบว่ารูปแบบการแลกเปลี่ยนสารอาหารของคลองปากนคร และแม่น้ำตาปีค่อนข้างคล้ายกัน และต่างจากรูปแบบการแลกเปลี่ยนสารอาหารของคลองบริเวณป่าชายเลนเช่นคลองหงาว และคลองลัดเขาขาว (ซึ่งเป็นบริเวณป่าธรรมชาติ ค่อนข้างสมบูรณ์ทั้งสองแห่ง) โดยคลองบริเวณป่าชายเลนมีการนำออกของสารอาหารสู่น้ำทะเลชายฝั่งทั้งสองฤดูกาล ขณะที่แม่น้ำตาปีและคลองปากนครจะมีการส่งออกของสารอาหารสู่น้ำทะเลชายฝั่งในช่วงน้ำหลาก และรับสารอาหารจากทะเลชายฝั่งในช่วงฤดูแล้ง

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

สารอาหาร	คลองหงาว (Drainage area 30 km^2)		คลองลัดเขาขาว (Drainage area 6 km^2)		แม่น้ำตาปีตอนล่าง (Drainage area 678 km^2)		คลองปากนคร (Drainage area1 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+ไนเตรท์	+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

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ามีการแลกเปลี่ยนสารอาหาร เกลือ และตะกอนแขวนลอย ระหว่างคลองปากนคร และอ่าวปากพนัง โดยสารอาหารจะถูกพัดพาออกจากคลองปากนคร สู่อ่าวปากพนังในช่วงฤดูน้ำหลาก และจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับอ่าวปากพนัง ส่วนในฤดูแล้งสารอาหารส่วนใหญ่ (ยกเว้นไนเตรต + ไนไตรท์) จะถูกนำเข้าจากอ่าวปากพนังสู่คลองปากนคร และช่วยเสริมความอุดมสมบูรณ์ให้คลองปากนครในช่วงเวลาดังกล่าวเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน, 2537. การศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนครศรีธรรมราช. ร่างรายงานฉบับสุดท้าย การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม เสนอโดย บริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด, บริษัท เซ้าท์อีสท์เอเชียเทคโนโลยี่ จำกัด, บริษัท ครีเอทีฟ เทคโนโลยี จำกัด.

สุภาพร รักเขียว. 2533. การกระจายและฟลักซ์ของธาตุอาหารในป่าชายเลนคลองหงาว จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมภพ เหลืองกังวานกิจ. 2541. พฤติกรรมและฟลักซ์ของสารอาหารในบริเวณเอสทูรีแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล 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 Oceanoge 26: 325-335.

Land Development Department. 2001. DLD System V2.0 Program[Online]. Land Development Department. Available from: http://www.ldd.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 autrotophic system.

Key words: Distribution/Behavior/Nutrients/Bay

บทคัดย่อ

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

ค่าหลัก: การกระจาย/พฤติกรรม/สารอาหาร/อ่าว

คำนำ

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

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินสถานภาพของสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซิลิคอน ในอ่าวปากพนัง ในแง่ของการกระจาย และพฤติกรรมการละลาย ตลอดจนสมดุลของสารอาหารเหล่านั้น เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการทางชีวธรณีเคมีที่เกิดขึ้นกับสารอาหารในอ่าวปากพนัง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ตลอดจนการวางแผนจัดการสภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

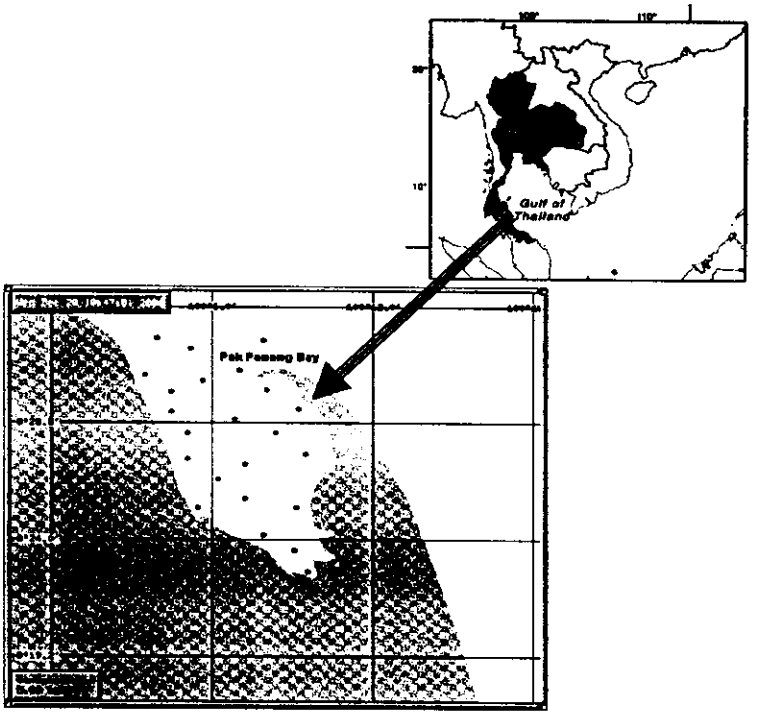
พื้นที่ที่ทำการศึกษา ได้แก่บริเวณอ่าวปากพนัง ตั้งแต่ประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ จนถึงบริเวณปากอ่าว ซึ่งมีความลึกของน้ำบริเวณปากแม่น้ำประมาณ 5-6 เมตร ส่วนความลึกของน้ำในอ่าวปากพนังบริเวณร่องน้ำกลางอ่าวมีค่าประมาณ 1-2 เมตร กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างน้ำในอ่าวปากพนังจำนวน 25 สถานี และบริเวณเหนือประตูระบายน้ำ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

ผลและวิจารณ์ผล

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

โดยทั่วไปคุณภาพน้ำในช่วงที่ทำการศึกษาพบว่าอยู่ในเกณฑ์ดี (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามในบางสถานีที่สำรวจ พบว่าน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายค่อนข้างต่ำ (DO 0.3 - 2.3 มก/ล) โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใกล้แหล่งชุมชน หรือแพปลา และน้ำชั้นล่างบริเวณเหนือประตูระบายน้ำ(ตารางที่ 2) ซึ่งน้ำถูกกักเก็บไว้ ทำให้ไม่เกิดการผสมผสานกับน้ำทะเลตามธรรมชาติ ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงมากเนื่องจากถูกนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มาก

กว่าได้รับชดเชยมาจากการผสมผสานกับน้ำทะเลข้างนอก นอกจากนี้น้ำเหนือประตูระบายน้ำยังมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.3 - 6.4) เนื่องจากตอนบนของแม่น้ำปากพนังเป็นป่าพรุควนเคร็ง ซึ่งดินมีสภาพเป็นดินกรด ทำให้น้ำในแม่น้ำปากพนังมีสภาพเป็นกรดอ่อน ๆ ไปด้วย สำหรับเดือนเมษายน 2545 พบว่าน้ำมีค่า pH สูงขึ้นกว่าครั้งก่อน ๆ (pH 7.4) อาจเนื่องจากในช่วงเวลาที่ศึกษามีน้ำทะเลซึมผ่านรอยต่อของประตูระบายน้ำเข้าไปได้ (หรือมีการชำรุดของประตูระบายน้ำ??) (ในเดือนเมษายน 2545 พบว่าความเค็มของน้ำเหนือประตูระบายน้ำมีค่าสูงกว่าปกติด้วย โดยน้ำชั้นล่างมีความเค็มประมาณ 23 psu) น้ำเหนือประตูระบายน้ำจึงผสมผสานกับน้ำทะเลซึ่งมีค่า pH สูงกว่า (pH 8 - 8.2) ทำให้น้ำบริเวณดังกล่าวมีสภาพความเป็นกรดลดลงจนมีสภาพเป็นกลาง



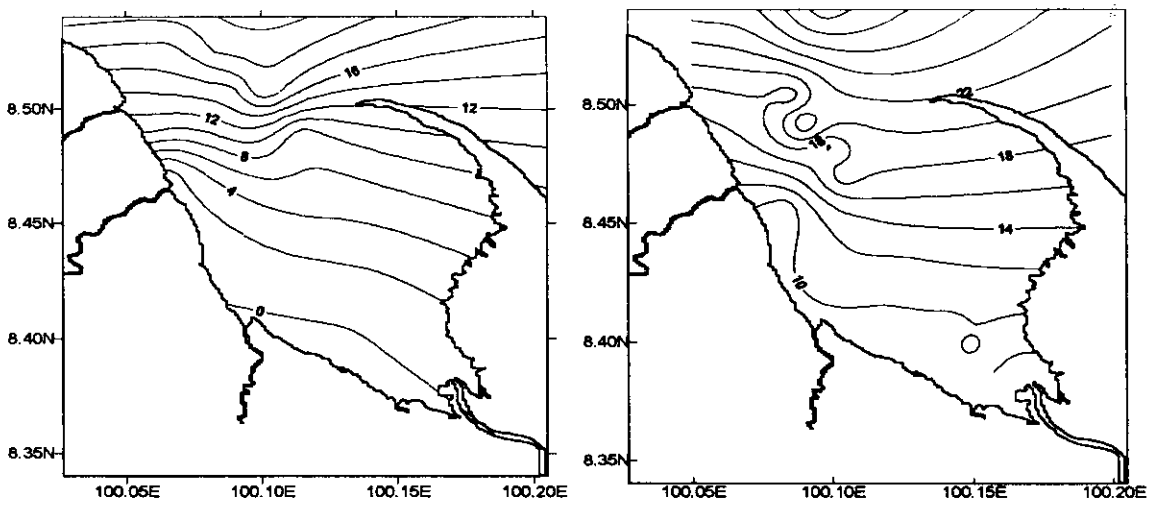
รูปที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำในอ่าวปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

ในช่วงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นฤดูน้ำหลาก และมีการเปิดประตูระบายน้ำเพื่อปล่อยน้ำจืดจากแม่น้ำปากพนังลงสู่ทะเล พบว่าน้ำในอ่าวปากพนังและเอสทูรีแม่น้ำปากพนังมีความเค็มอยู่ในช่วง 0 - 30 psu โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10 psu ซึ่งเป็นช่วงความเค็มปกติที่มักพบทั่วไปในบริเวณเอสทูรี 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 ซึ่งเป็นช่วงหน้าแล้งอาจเนื่องจากอัตราการระเหยน้ำที่สูง และการที่ไม่มีน้ำจืดจากแม่น้ำปากพนังตอนบนมาช่วยเจือจางความเค็มในช่วงเวลาดังกล่าว สำหรับค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส และปริมาณออกซิเจนละลายในอ่าวปากพนัง พบว่ายังไม่มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดนัก ระหว่างช่วงก่อนและหลังการก่อสร้างประตูระบายน้ำ

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

พารามิเตอร์	อ่าวปากพนัง-เอสทูรีแม่น้ำปากพนัง			
	ตุลาคม 2543	เมษายน 2544	เมษายน 2545	เมษายน 2537*
อุณหภูมิของน้ำ (°ซ)	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.
ซิลิเคต (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 (°ซ)	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
แอมโมเนียม (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.
ซิลิเคต (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

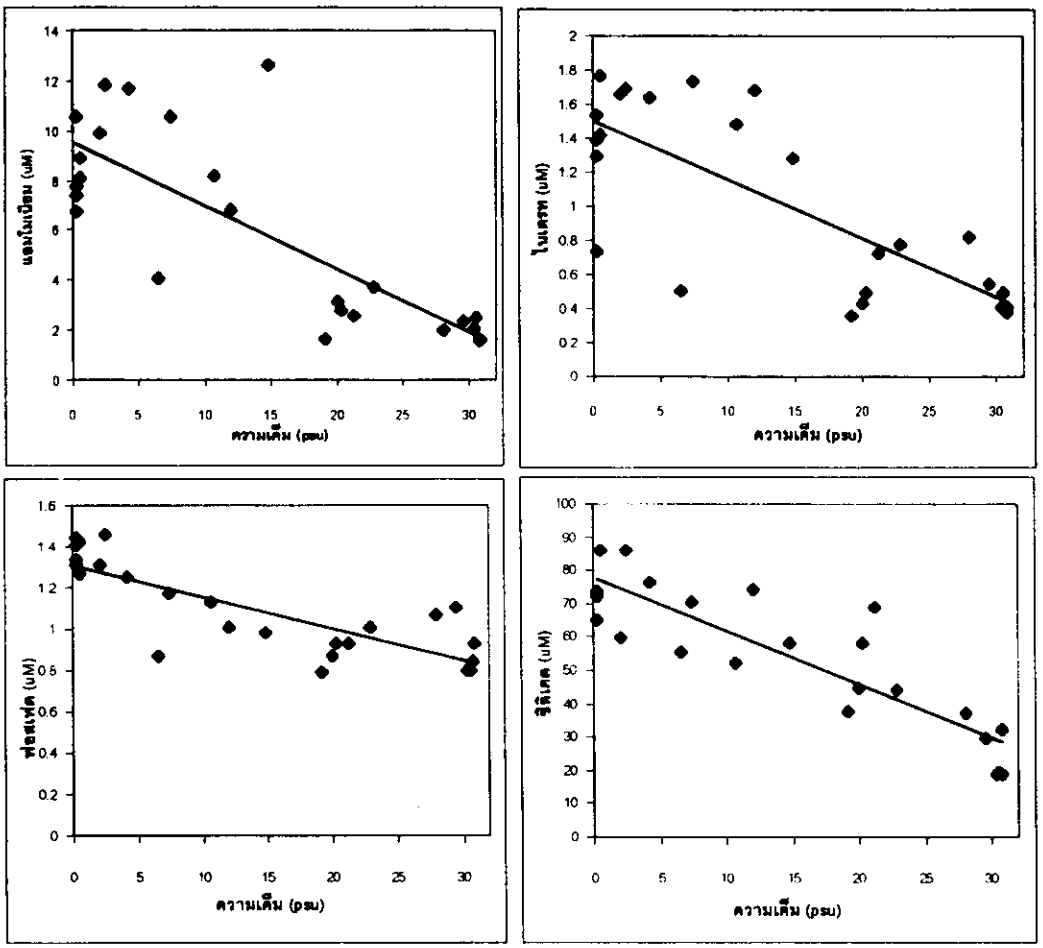
ความเข้มข้นของสารอาหารในรูปของแอมโมเนียม ไนเตรท (ไนไตรท์+ไนเตรท) ไนโตรเจนอินทรีย์ ฟอสเฟต ฟอสฟอรัสอินทรีย์ และซิลิเคต ในอ่าวปากพนังแสดงในตารางที่ 1 โดยทั่วไปพบไนโตรเจนอินทรีย์ (DOP) ในปริมาณที่สูงกว่าไนโตรเจนอนินทรีย์ (DIP) มาก ยกเว้นในช่วงเดือนเมษายน 2544 ที่พบว่ามีไนโตรเจนอนินทรีย์สูงกว่าไนโตรเจนอินทรีย์ ไนโตรเจนอนินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมอิออนมากกว่าไนเตรทและไนไตรท์ แสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของน้ำทิ้งจากบ้านเรือน และกิจกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งมีอยู่อย่างหนาแน่นทางฝั่งตะวันออกของปากอ่าวปากพนัง โดยทั่วไปแอมโมเนียมในน้ำมักถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรทอย่างรวดเร็วในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่สูง ทั้งนี้โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งไนเตรทจะถูกแพลงก์ตอนพืชใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อแพลงก์ตอนพืชตายจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรทกลับสู่น้ำอีก โดยบางส่วนของไนโตรเจนอินทรีย์ในซากของแพลงก์ตอนอาจถูกเก็บสะสมอยู่ในตะกอนดินใต้ท้องน้ำ การหมุนเวียนของฟอสฟอรัสมีรูปแบบคล้ายกัน โดยมีการเปลี่ยนจากฟอสเฟต (DIP) เป็นฟอสฟอรัสอินทรีย์ในเนื้อเยื่อแพลงก์ตอนพืช และเมื่อแพลงก์ตอนตายจะถูกย่อยสลายปล่อยฟอสเฟตออกสู่แหล่งน้ำ โดยทั่วไปการย่อยสลายอินทรีย์สาร (remineralization) ในบริเวณเอสทูรีมักเกิดที่บริเวณพื้นผิวดินซึ่งมีการสะสมของอินทรียวัตถุสูง

สารอาหารในอ่าวปากพนังโดยภาพรวมมีช่วงความเข้มข้นใกล้เคียงกับปริมาณสารอาหารในอ่าวบ้านดอน จ.สุราษฎ์ธานี (Wattayakorn et al., 2001) และอ่าวสวี จ.ชุมพร (Wattayakorn et al, 2000) ทั้งนี้เนื่องจากทั้งสามบริเวณมีแหล่งกำเนิดของสารอาหารคล้ายกัน คือ เป็นอ่าวที่ได้รับสารอาหารจากแม่น้ำที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก มีแหล่งชุมชนกระจายทั่วไป มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำรอบอ่าวมาก และมีน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในปริมาณไม่มากนัก (ส่วนใหญ่เป็นโรงงานแปรรูปสัตว์ทะเล) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทะเลในอ่าวมหาชัย จ.สมุทรสาคร แล้วพบว่าความเข้มข้นของสารอาหารในอ่าวมหาชัยสูงกว่าในอ่าวปากพนังมาก เนื่องจากแม่น้ำท่าจีนมีพื้นที่ลุ่มน้ำใหญ่ มีชุมชนขนาดใหญ่ มีฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรมหลากหลายประเภทตั้งอยู่อย่างหนาแน่นตลอดสองฝั่งของแม่น้ำ (กัลยา วัฒยากร 2542) สำหรับอัตราส่วนของธาตุอาหารอนินทรีย์ N:P (molar) ในอ่าวปากพนังพบว่ามีค่าต่ำกว่า 16:1 (Redfield ratio) ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชในช่วงฤดูน้ำหลาก แสดงให้เห็นว่าน้ำทะเลบริเวณอ่าวปากพนังมีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด (limiting nutrient) ในการเพิ่มจำนวนของประชาคมแพลงก์ตอนพืช การที่น้ำมีค่า N:P ต่ำอาจเป็นได้ว่าน้ำทะเลในอ่าวปากพนังได้รับน้ำทิ้ง (โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากบ้านเรือน) ที่มีสารฟอสเฟตปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูงกว่าไนเตรทและแอมโมเนียม และ/หรืออาจเนื่องมาจากมีการสูญหายของไนเตรทและแอมโมเนียมจากน้ำทะเลมากกว่าการหายไปของฟอสเฟต โดยกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดการหายไปอย่างมากของไนเตรทคือกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งพบว่ามักเกิดกับน้ำและดินตะกอนที่อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน 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 ปลดปล่อยสารอาหารจากตะกอนออกสู่น้ำ สำหรับแอมโมเนียมพบว่ามีการหายไปจากน้ำทะเลในช่วงความเค็มสูง ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียม ถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่สูง ซึ่งเป็นสภาวะปกติของน้ำทะเลบริเวณอ่าวปากพนัง ซึ่งน้ำค่อนข้างตื้นมาก และมีลมพัดแรงผ่านผิวหน้าน้ำทำให้น้ำมีออกซิเจนละลายในปริมาณสูง

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

เส้นตรงตามแนวเส้นเจือจางทางทฤษฎี อย่างไรก็ตามการลดลงของซิลิเคตบางส่วนอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการนำไปใช้โดยประชาคมของไดอะตอม ซึ่งใช้ซิลิเคตในการสร้างเปลือก



รูปที่ 3 พฤติกรรมของสารอาหารในอ่าวปากพนังในเดือนตุลาคม 2543

จากการศึกษาสมดุลของสารอาหารในอ่าวปากพนังโดยวิธีของ LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines (Gordon et al., 1996) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทุกรูปแบบ (ค่า Δ เป็น +) ยกเว้นไนโตรเจนอินทรีย์ (DOP) ที่มีการนำไปใช้ (ค่า Δ เป็น -) โดยฟลักซ์ของสารอาหารที่เพิ่มขึ้นในอ่าวมีอัตราใกล้เคียงกันทั้งสองช่วงฤดูกาล (ตารางที่ 3) การเพิ่มขึ้นของสารอาหารดังกล่าว เป็นผลมาจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ และ/หรือการปล่อยออกมาจากตะกอนแขวนลอยและตะกอนพื้นท้องน้ำ (ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาพฤติกรรมสารอาหาร) โดยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสถูกปล่อยออกมาในรูปของฟอสเฟต ส่วนไนโตรเจนถูกปล่อยออกมาในรูปของไนเตรท และแอมโมเนียม และพบว่าในบางบริเวณที่น้ำอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น ทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนออกไปจากระบบในรูปของก๊าซไนโตรเจน อย่างไรก็ตามเนื่องจากอ่าวปากพนังเป็นอ่าวตื้น มีสาหร่ายขนาดเล็กขึ้นปกคลุมหาดเลนและพื้นทรายอยู่ทั่วไป และยังมีป่าไม้ชายเลนรอบๆอ่าวด้วย ซึ่งพืชเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ จึงเป็นการช่วยรักษาสมดุลของธาตุไนโตรเจนให้กับระบบของอ่าวปากพนังได้บ้าง อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการสูญเสียไนโตรเจนไปจากระบบโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นสูงกว่าอัตราการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ (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 พบว่ากระบวนการนำไนเตรท แอมโมเนียม และฟอสเฟตไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยแพลงก์ตอนพืชเกิดได้มากกว่ากระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์เล็กน้อย (ค่า p-r เป็น +) ดังนั้นอ่าวปากพนังจึงเป็นระบบแบบ autotrophic ในช่วงหน้าแล้ง

ตารางที่ 3 ฟลักซ์ของสารอาหารฟอสฟอรัส 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 ไนเตรท และแอมโมเนียม ซึ่งบางส่วนจะเข้าร่วมในปฏิกริยาชีวธรณีเคมีในระหว่างการผสมผสานของน้ำในบริเวณอ่าว 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 และสารอาหารแอมโมเนียม ไนเตรท และฟอสเฟตมีค่าค่อนข้างสูงมากในบางจุด ทั้งนี้อาจเป็นผลกระทบจากน้ำทิ้งจากบ้านเรือน กิจกรรมการประมงบริเวณสะพานปลาและโรงงานแปรรูปสัตว์ทะเล และจากนากุ้งซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียง ประตูระบายน้ำที่สร้างขึ้นปิดกั้นการพัดพาธาตุอาหารและอินทรีย์สารจากปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรกรรม จากโรงงานอุตสาหกรรม และชุมชนเหนือประตูระบายน้ำ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งประมาณปีละ 4 เดือน ส่วนในฤดูฝนมีการเปิดประตูระบายน้ำออกด้วยสภาพธรรมชาติ โดยสรุปอาจกล่าวได้ว่าความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารในอ่าวปากพนังลดลงกว่าในอดีตก่อนมีการสร้างประตูระบายน้ำเล็กน้อย โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง โดยพิจารณาจากปริมาณของสารอาหารแอมโมเนียม ไนเตรท และ ฟอสเฟต เป็นเกณฑ์ การลดลงของสารอาหาร และการเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำในอ่าวปากพนังในช่วงฤดูแล้งอาจมีผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลน และในอ่าวปากพนังบ้างไม่มากก็น้อย ซึ่งควรมีการศึกษาถึงผลกระทบดังกล่าวนี้ด้วยต่อไป

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการหมุนเวียนของสารอาหารอย่างรวดเร็วในอ่าวปากพนัง โดยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสถูกปล่อยออกมาในรูปของฟอสเฟต ส่วนไนโตรเจนถูกปล่อยออกมาในรูปของไนเตรท และแอมโมเนียม และพบว่าในบางบริเวณที่น้ำอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการ ดีไนตริฟิเคชั่น ทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนออกไปจากระบบในรูปของก๊าซไนโตรเจน อย่างไรก็ตามเนื่องจากอ่าวปากพนังเป็นอ่าวตื้น มีสาหร่ายขนาดเล็กชนิดปกคลุมหาดเลนและพื้นทรายอยู่ทั่วไป และยังมีป่าไม้ชายเลนรอบ ๆอ่าวด้วย ซึ่งพืชเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ จึงเป็นการช่วยรักษาสมดุลของธาตุไนโตรเจนให้กับระบบของอ่าวปากพนังได้บ้าง

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน, 2537. การศึกษาความเหมาะสมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนครศรีธรรมราช. ร่างรายงานฉบับสุดท้าย การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม เสนอโดย บริษัท พอล คอนซัลแตนท์ จำกัด บริษัท เช้าท์อี้สท์เอเชียเทคโนโลยี่ จำกัด บริษัทครีเอทีฟ เทคโนโลยี จำกัด

กัลยา วัฒยากร. 2542. สภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน ใน: การฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนเพื่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนของประเทศไทย (สนิท อักษรแก้ว และคณะ) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (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 Province

กัลยา วัฒยากร Gullaya Wattayakorn
นิตยาพร ตันมณี 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 ± 0.05 μg/g, 6.89 ± 2.39 μg/g, 14.92 ± 3.43 μg/g and 31.94 ± 7.88 μg/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 ± 2.39ไมโครกรัม/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

ต่าง ๆจากแหล่งเกษตรกรรมและชุมชนเมืองในลุ่มน้ำปากพนัง เช่น ชุมชนเมืองอำเภอชะอวด อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอปากพนัง และอำเภอหัวไทร โดยมลภาวะจากอำเภอปากพนังมีสัดส่วนมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในหรือรอบ ๆเทศบาลเมืองปากพนังเช่นกัน แม้ในปัจจุบันมีการก่อสร้างประตูระบายน้ำอุทกวิภาชประสิทธิ์ (ประตูระบายน้ำปากพนัง) ขึ้นที่บ้านบางปี้ อำเภอปากพนัง เพื่อป้องกันการรุกตัวของน้ำเค็ม และบรรเทาความขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร อุปโภคและบริโภคของชุมชนในบริเวณลุ่มน้ำปากพนังแล้วก็ตาม อ่าวปากพนังยังคงได้รับน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมในอำเภอปากพนังซึ่งอยู่ทางท้ายน้ำของประตูระบายน้ำปากพนังเช่นเดิม มลสารอย่างหนึ่งที่มักปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และชุมชนคือโลหะหนัก ซึ่งมีสมบัติที่คงทนในสภาวะแวดล้อมเนื่องจากไม่สลายตัวโดยกระบวนการธรรมชาติ เมื่อโลหะหนักถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโลหะส่วนหนึ่งจะจับตัวกับสารแขวนลอย หรืออินทรีย์สารแล้วตกตะกอนสู่พื้นท้องน้ำ และเกิดการสะสมในตะกอนตามระยะเวลาที่ผ่านไป ตะกอนท้องน้ำจึงเป็นแหล่งสะสมที่ดีของโลหะหนัก ปริมาณโลหะหนักในตะกอนผิวหน้าบ่งชี้สภาวะการปนเปื้อนของแหล่งน้ำในปัจจุบัน ขณะที่การวิเคราะห์โลหะหนักในชั้นดินตะกอนที่ทราบอายุ (dated cores) สามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับประวัติการปนเปื้อนของโลหะหนักในอดีต และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาจนถึงปัจจุบันได้ อย่างไรก็ตามการแปลผลการสะสมของโลหะในแท่งชั้นดินตะกอนบริเวณเอสทูรีหรืออ่าวทั่ว ๆไปมักมีความยุ่งยากที่เกิดขึ้นกับชั้นดินตะกอนเนื่องจากภายหลังจากการตกตะกอนสะสมตัวของโลหะหนักแล้วชั้นตะกอนมักมีการถูกรบกวนทั้งโดยกระบวนการธรรมชาติ (พายุ หรือการเคลื่อนตัวของสัตว์ที่ฝังตัวอยู่ในดิน) และจากกิจกรรมมนุษย์ (การเดินเรือ และการขุดลอกร่องน้ำ) ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของชั้นตะกอนและไม่เรียงชั้นกันอย่างที่ควรจะเป็นได้ สำหรับแท่งดินตะกอนในบริเวณป่าชายเลน(ที่ไม่ถูกรบกวนโดยกิจกรรมมนุษย์)มักมีการเรียงชั้นกันดีกว่าจึงเหมาะสมกว่าในการนำมาศึกษาประวัติการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใกล้เคียง โลหะหนักในตะกอนสามารถถ่ายทอดความเป็นพิษสู่สิ่งมีชีวิตในน้ำโดยการแพร่หรือละลายกลับสู่น้ำชั้นบนและสะสมในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆในห่วงโซ่อาหารได้ โลหะที่มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมและการเกษตรกรรม ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณโลหะแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในดินตะกอนจากอ่าวปากพนัง เพื่อประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนของโลหะดังกล่าวเปรียบเทียบกับดินตะกอนจากแหล่งน้ำอื่นในประเทศ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนจัดการสภาพแวดล้อมบริเวณอ่าวปากพนังต่อไป

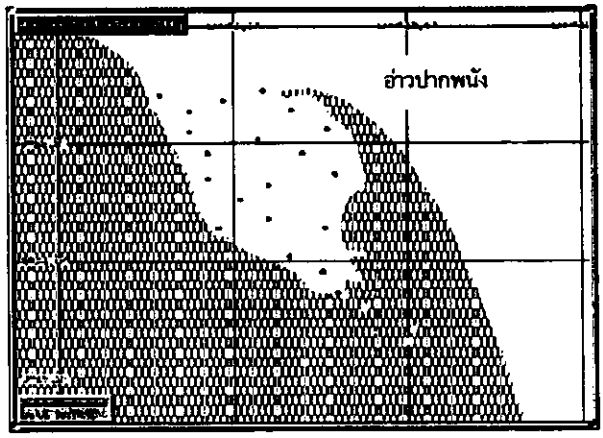
อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าในอ่าวปากพนังด้วย Petersen grab จำนวน 20 สถานี (รูปที่ 1) ในเดือนธันวาคม 2545 ใช้ช้อนพลาสติกสะอาด (ชะด้วย 2M HCl และ 2M HNO_3) ตักตัวอย่างดินตะกอน เฉพาะส่วนกลางที่ไม่สัมผัสกับผิว grabใส่ในถุงพลาสติกสะอาด และเก็บแท่งดินตะกอนโดยใช้ท่อเจาะดิน (Corer) ลึก 40 เซนติเมตร จากแปลงป่าชายเลนบริเวณปากคลองปากนคร (บริเวณนากุ้งร้าง) และสวนป่าชายเลนบริเวณปากคลองปากพูน (บริเวณเลนงอกใหม่) ทำการวัดความเป็นกรด-เบส (pH) และค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (E_H) ของชั้นดินตะกอนทันที และใช้มีดพลาสติกสะอาดตัดแบ่งชั้นดินตามระดับความลึกทุก 2 เซ็นติเมตร เก็บตัวอย่างดินตะกอนเฉพาะส่วนกลางที่ไม่สัมผัสกับผิวท่อเจาะดินใส่ในถุงพลาสติกสะอาดเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ได้เก็บตัวอย่างดินตะกอนอีกจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปวิคราะห์คุณสมบัติอื่นของดินตะกอนด้วย

2. การวิเคราะห์

นำดินตะกอนมาทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง Freeze Dryer เลือกเปลือกหอยออก และร่อนดินตะกอนผ่านตะแกรงไนล่อนขนาด 63 ไมครอนและผสมดินให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์โดยวิธี Acid-dichromate oxidation โดยออกซิไดซ์สารอินทรีย์ด้วย 1N $K_2Cr_2O_7$ acidified ด้วย concentrated H_2SO_4 และไตเตรทด้วย 0 5 N Fe $(NH_4)_2(SO_4)_2$ วิเคราะห์โลหะหนักโดยการย่อยดินตะกอนด้วยกรดไนตริกเข้มข้น และกรดเปอร์คลอริค(1:2) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบ Total digestion และวัดค่าปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สำหรับอนุภาคของดินตะกอนวิเคราะห์โดยวิธี Hydrometer technique หลังจากย่อยทำลายอินทรีย์สารด้วย H_2O_2 (วิเคราะห์จากดินที่ยังไม่ได้ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 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) เมื่อมีสารอินทรีย์ที่ถูกระบายออกมาพร้อมน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน ตลาดสดเทศบาล และโรงงานแปรรูปอาหารทะเลบริเวณตอนในของอ่าว ทำให้ดินตะกอนบริเวณดังกล่าวมีการสะสมของอินทรีย์สารสูงที่สุดด้วย (OC=1.84%) พบว่าตะกอนผิวหน้ามีสีดำ และมีกลิ่นเหม็นของ H_2S เนื่องจากน้ำบริเวณนี้ค่อนข้างลึก (ประมาณ 6-8 เมตร) ค่าออกซิเจนละลายในน้ำระดับล่างเหนือผิวดินมีค่าต่ำมาก (<1 มิลลิกรัม/ลิตร ในบางครั้งของการสำรวจ) ดินตะกอนผิวหน้าอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน (reducing) สำหรับค่าเฉลี่ยของปริมาณของโลหะ Cd, Cu, Pb และ Zn ในดินตะกอนผิวหน้าจากอ่าวปากพนังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนการกระจายของโลหะดังกล่าวในดิน

ตะกอนอ่าวปากพนังแสดงในรูปที่ 2 สำหรับ Cd ซึ่งตรวจพบในบริมาณต่ำและพบในบางสถานีเท่านั้นจึงไม่ได้แสดงการกระจายของ Cd ในดินตะกอนอ่าวปากพนัง

ลักษณะการกระจายตัวของ Cu, Pb และ Zn ในตะกอนผิวหน้าอ่าวปากพนังค่อนข้างคล้ายกัน (รูปที่ 2) กล่าวคือพบการสะสมของโลหะในปริมาณสูงบริเวณตอนบนของอ่าว และบริเวณปากคลองฝั่งตะวันตกของอ่าวคล้ายกับการสะสมของอินทรีย์สาร คาร์บอนและไนโตรเจน เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีแหล่งชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมหนาแน่นกว่าฝั่งตะวันออกของอ่าว โดยเฉพาะสถานีบริเวณปากคลองซึ่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนเขตอำเภอเมืองและอำเภอปากพนัง เนื่องจากโลหะเหล่านี้ส่วนหนึ่งมาจากกิจกรรมของมนุษย์บนฝั่งนั่นเอง โดยเมื่อถูกปลดปล่อยออกสู่แหล่งน้ำและถูกพัดพามากับน้ำแม่น้ำลำคลองต่าง ๆ โลหะปริมาณน้อยเหล่านี้ถูกดูดซับบนตะกอนประเภทดินเหนียว (โคลน)ได้ดี เมื่อตะกอนตกทับถมในบริเวณอ่าวก็จะนำโลหะหนักลงไปสะสมที่พื้นน้ำด้วย ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าตะกอนพื้นน้ำเป็นเสมือนกระจกเงาที่สะท้อนให้ทราบถึงสภาพแวดล้อมของน้ำชั้นบนและกิจกรรมบนฝั่งได้เป็นอย่างดี การศึกษาสมบัติทางเคมีของดินตะกอนจึงเป็นประโยชน์ในการบอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมของน้ำชั้นบนได้ เมื่อเปรียบเทียบการสะสมของโลหะ Cd, Cu, Pb และ Zn ในตะกอนอ่าวปากพนังกับตะกอนชายฝั่งบริเวณอื่น ๆของอ่าวไทย พบว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในอ่าวปากพนังมีค่าต่ำกว่าระดับการปนเปื้อนในดินตะกอนชายฝั่งและบริเวณเอสทูรีของไทยเป็นส่วนใหญ่ (กรมควบคุมมลพิษ 2545; สุวรรณา ภานุตระกูล และ ไพฑูรย์ มกกงไผ่ 2543; กัลยา วัฒยากร และ ปัญญานีย์ พราพงษ์ 2542) และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินสำหรับแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเล (ตารางที่ 3) ซึ่งกำหนดใช้ในประเทศอเมริกา และออสเตรเลีย (ประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานฯดังกล่าว) พบว่าปริมาณโลหะที่สะสมในดินตะกอนอ่าวปากพนังยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานฯอยู่มาก แสดงให้เห็นว่าดินตะกอนอ่าวปากพนังยังมีความเหมาะสมสำหรับการดำรงชีพของสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก และสัตว์ทะเลหน้าดินที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เช่นปลา กุ้ง หอย เป็นต้น

ตารางที่ 1 คุณสมบัติดินตะกอนอ่าวปากพนังและสวนป่าชายเลน จ.นครศรีธรรมราช

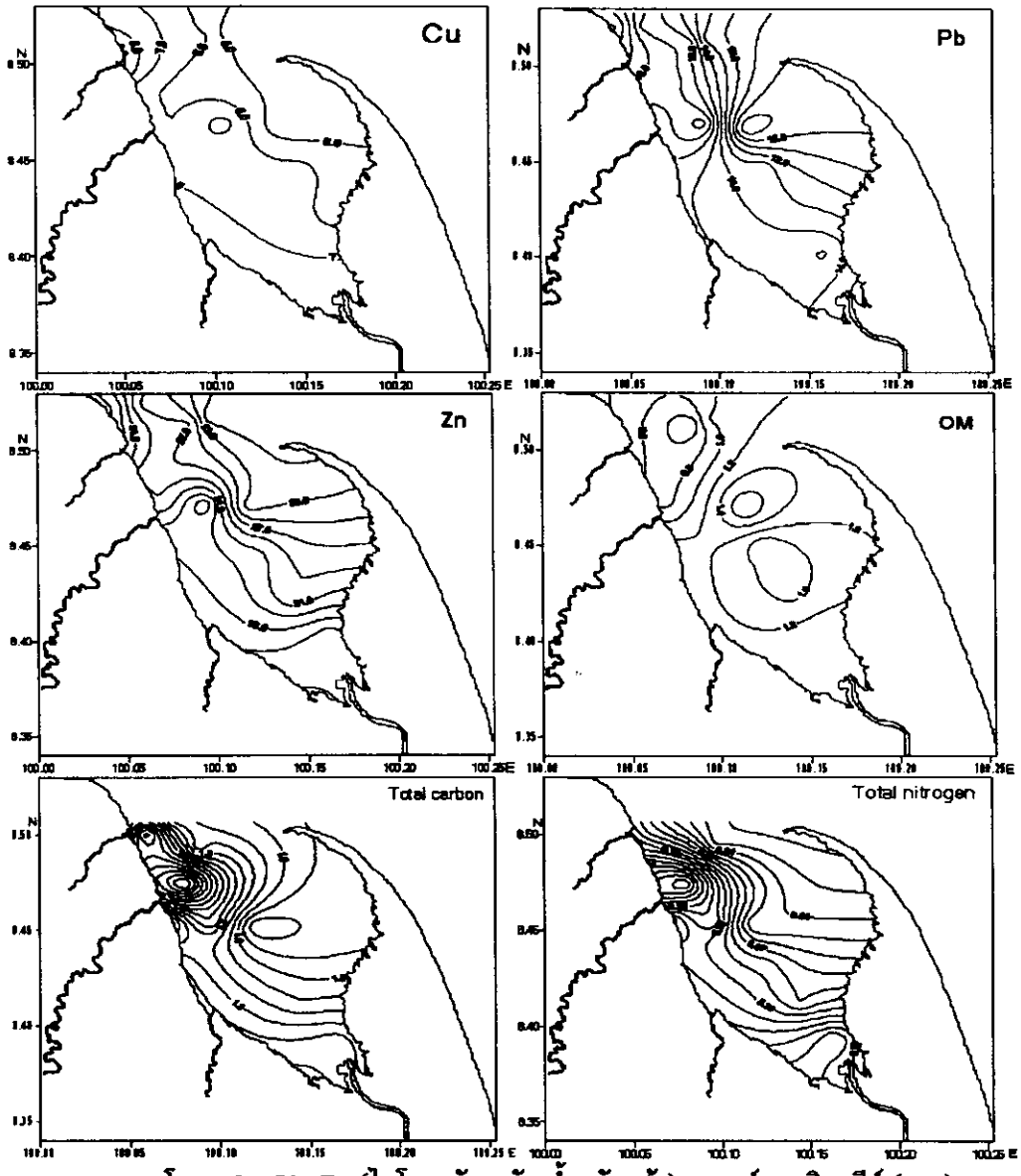
	pH	E_H (mV)	% Organic carbon	Particle size distribution (%) sand	silt	clay	Texture
อ่าวปากพนัง	7.48 ± 0.18	-42 ± 49	1.02 ± 0.43				sandy
	(7.30- 7.77)	(-185 - +29)	(0.41-1.84)	57.5	22.9	19.8	loam
สวนป่าชายเลน	7.32 ± 0.09	-20 ± 12	1.31 ± 0.07				sandy
ปากนคร (5 ปี)	(7.17 - 7.46)	(-39 - -1)	(1.13-1.42)	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	6.89 ± 2.39	14.92 ± 3.43	31.94 ± 7.88
	(0.05 - 0.25)	(4.35 - 15.73)	(8.00 - 21.00)	(19.13 - 48.68)
สวนป่าชายเลน	0.46 ± 0.07	7.41± 0.44	21.53 ± 2.06	35.50 ± 1.13
ปากนคร (5 ปี)	(0.33 - 0.57)	(6.38 - 8.03)	(17.13-25.35)	(34.00-37.65)
สวนป่าชายเลน	0.09 ± 0.10	5.99 ± 0.79	15.02 ± 3.23	30.23 ± 1.60
ปากพูน (22 ปี)	(0.05-0.28)	(4.45-8.13)	(8.48-20.98)	(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)

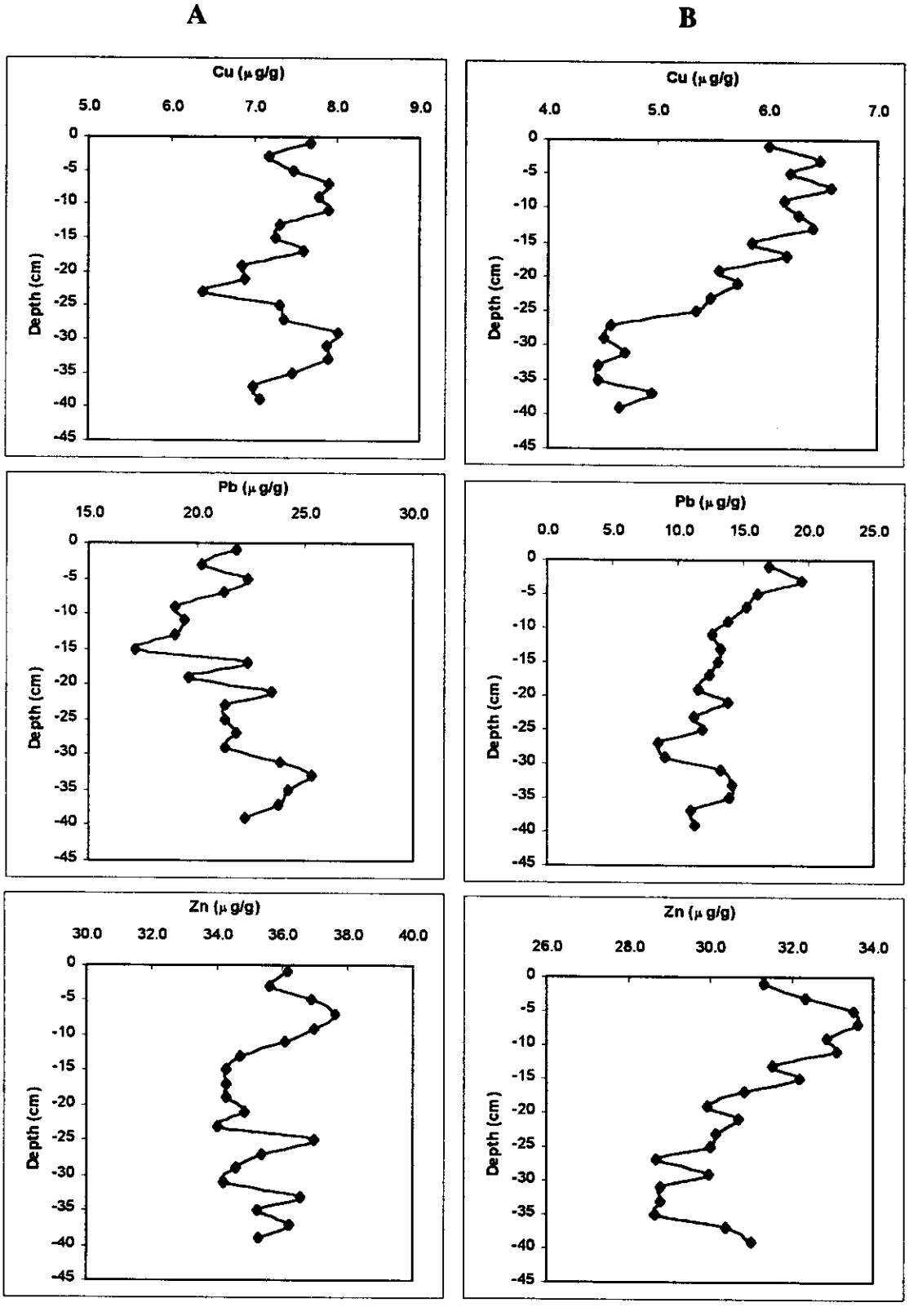
เกณฑ์มาตรฐาน	Cd	Cu	Pb	Zn	เอกสารอ้างอิง
Florida DEP[1] SQG-TEL	0.68	18.7	30.2	124	MacDonald,
Florida DEP[2] SQG-PEL	4.21	108	112	271	1994
Australia and New Zealand draft ISQG-low[1]	1.5	65	50	200	ANZECC,
Australia and New Zealand draft ISQG-higher[2]	9.6	270	220	410	1998

หมายเหตุ 1 = ค่าความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต
2 = ค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

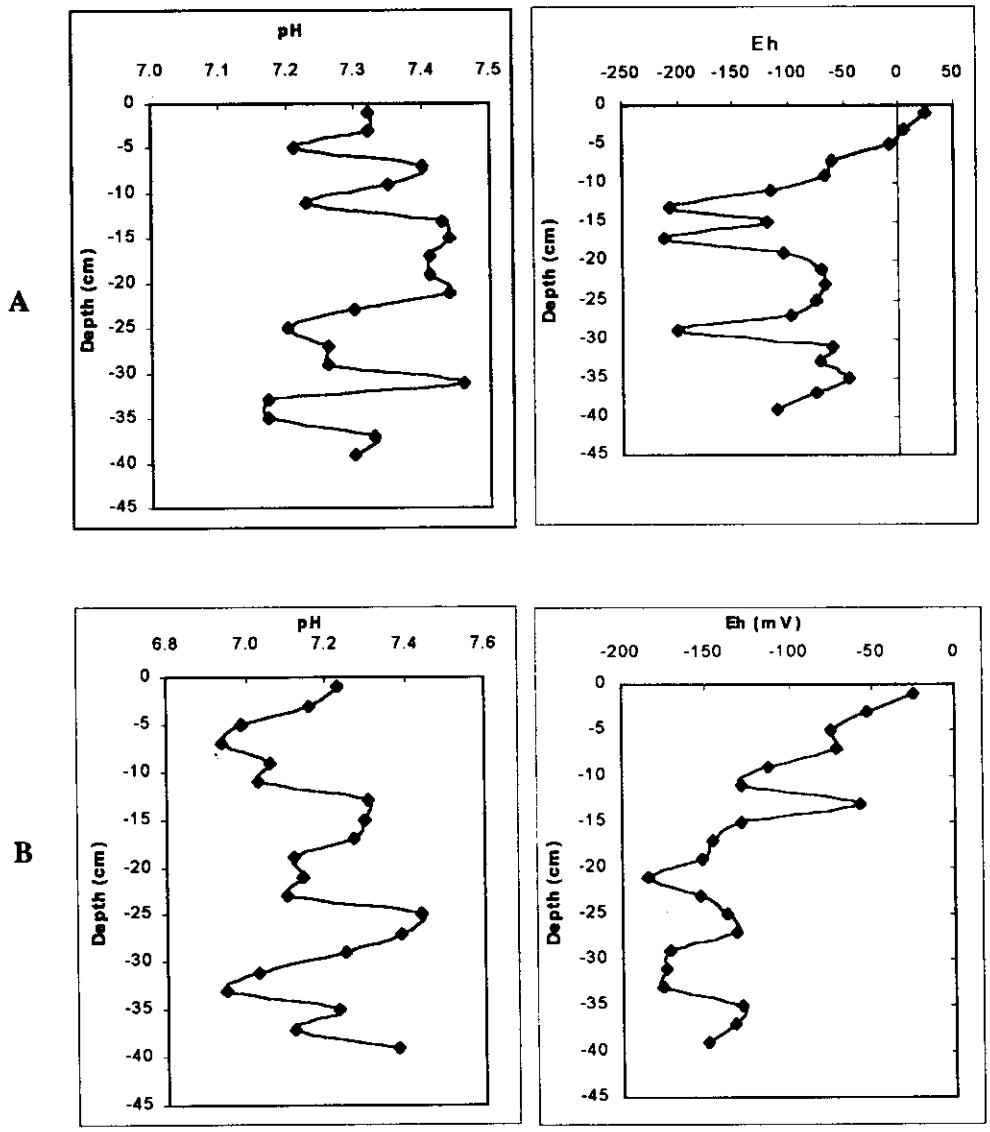
สำหรับการสะสมของโลหะหนักตามระดับลึกของชั้นดินตะกอน (ดังแสดงในรูปที่ 3) ดินตะกอนป่าชายเลนบริเวณเลนงอกใหม่(บริเวณปากพูน) ซึ่งเป็นเหมือนเกาะอยู่ตอนนอกของอ่าวปากพนังและค่อนข้างห่างไกลจากการถูกรบกวนโดยมนุษย์ พบว่ามีการลดลงของปริมาณโลหะ Cu, Pb และ Zn ตามความลึกของชั้นดินที่เพิ่มขึ้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของการปนเปื้อนของโลหะหนักเหล่านี้จากอดีต(ดินชั้นล่างสุด) จนถึงปัจจุบัน(ดินชั้นบนสุด) ซึ่งสอดคล้องกับความเจริญและการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีการขยายตัวของชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม การประมงซึ่งมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเรือประมง เรือหางยาว และรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นในช่วงระยะเวลา 20 กว่าปีที่ผ่านมา การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้มีปริมาณของเสียที่มีโลหะหนักประกอบอยู่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วย ซึ่งจะถูกเก็บสะสมในชั้นตะกอนมากขึ้นเรื่อย ๆเป็นลำดับ ส่วนการกระจายของโลหะหนักตามความลึกในดินตะกอนป่าชายเลนบริเวณนากุ้งร้างค่อนข้างไม่เปลี่ยนมากนักตามความลึก เนื่องจากป่าชายเลนบริเวณนี้เป็นบริเวณที่ถูกรบกวนจากการขุดดินทำนากุ้งมาก่อน ประกอบกับสวนป่าชายเลนบริเวณนี้มีอายุเพียง 5 ปี จึงยังไม่เห็นแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมมนุษย์ชัดเจนเหมือนดินตะกอนบริเวณสวนป่าชายเลนบริเวณปากพูนซึ่งสะสมโลหะหนักมานานถึง 22 ปี การศึกษานี้ชี้ชัดให้เห็นถึงความสำคัญของแนวป่าชายเลนในการดักจับตะกอนและมลสารที่ปนเปื้อนมากับตะกอน ทำให้ลดการปนเปื้อนของมลสารที่จะถูกพัดพาออกสู่ทะเลชายฝั่ง

สรุปและข้อเสนอแนะ

ดินตะกอนผิวหน้าจากอ่าวปากพนัง พบว่า Cd มีค่าเฉลี่ย 0.06 ± 0.05 ไมโครกรัม/กรัม Cu มีค่าเฉลี่ย 6.89 ± 2.39ไมโครกรัม/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



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



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของ pH และ E_H ตามความลึกของชั้นดินตะกอน (A) ป่าชายเลนบริเวณนากุ้งร้าง (B) ป่าชายเลนบริเวณเลนงอกใหม่

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2545. โครงการการประเมินสถานการณ์สิ่งแวดล้อมทางทะเล พ.ศ. 2545 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กัลยา วัฒยากร และปัญญานีย์ พราพงษ์. 2542. สภาพสิ่งแวดล้อมแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง ใน: การฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนเพื่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนของประเทศไทย รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (สนิท อักษรแก้ว และคณะ) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. หน้า 43 –73.

สุวรรณา ภานุตระกูล และ ไพฑูรย์ มกกงไผ่. 2543. การสะสมโลหะหนักบางชนิดในตะกอนดินจากแม่น้ำบางปะกง รายงานวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัย ปี 2542 ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 30 หน้า.

สมบัติของดินและน้ำในดินบริเวณป่าชายเลนปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

Soil and Porewater Properties in Mangrove Plantation in Abandoned Shrimp Pond at Kanom Distirc, Nakhon Si Thammarat Province

กนกพร บุญส่ง Kanokporn Boonsong
โชคชัย ยะชูศรี Chokchai Yachusri

Abstract

Soil and porewater properties was conducted in mangrove plantation plot located in abandoned shrimp farm area in Kahnom 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 sucession 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

ทำการศึกษาสมบัติของดินและน้ำในดินในแปลงพันธุ์ไม้ป่าชายเลนปลูกเพื่อฟื้นฟูนากุ้งร้าง 4 ชนิดบริเวณ อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช คือ โกงกางใบเล็ก *(Rhizophora apiculata)* แสมทะเล *(Avicennia marina)* ถั่วขาว *(Bruguiera cylindrica)* และโปรงแดง *(Ceriops tagal)* ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2538 โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินผิวหน้าลึก 0-15 ซม. ภายใต้พันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ชนิดละ 3 บริเวณ (แต่ละบริเวณเก็บ 3 ตัวอย่าง) และเก็บตัวอย่างดินในนากุ้งร้างซึ่งปล่อยให้มีการทดแทนสังคมพืชตามธรรมชาติ 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 ปริมาณอินทรียวัตถุ 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}. การปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างสามารถปรับความสมบูรณ์ของดินดีขึ้น

คำหลัก: ป่าชายเลน/นากุ้งร้าง/น้ำในดิน

คำนำ

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

แม้ว่าป่าชายเลนจะมีคุณประโยชน์อย่างมหาศาลดังกล่าว แต่ในช่วงที่ผ่านมาการขยายตัวของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำส่งผลให้พื้นที่ป่าชายเลนบางส่วนถูกบุกรุกทำลายเพื่อเปลี่ยนเป็นพื้นที่นากุ้ง และเมื่อรูปแบบของการเลี้ยงเปลี่ยนจากระบบพื้นบ้าน (conventional system) ไปเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive system) ซึ่งหากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสมจะทำให้มีการระบายน้ำทิ้งและของเสียปริมาณมากสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงโดยลำดับ ทั้งนี้เพราะของเสียมีมากเกินกว่าที่กลไกตามธรรมชาติของแหล่งน้ำนั้นจะบำบัดได้ทัน จนทำให้เกิดผลกระทบต่อการเลี้ยงกุ้งเอง ในที่สุดนากุ้งก็ถูกทิ้งร้างและเกษตรกรจะหาพื้นที่ผืนใหม่สำหรับทำนากุ้งต่อไป

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะก่อให้เกิดการทำลายระบบนิเวศของป่าชายเลนจากกิจกรรมการเลี้ยง เช่น การถางป่า การขุดร่องน้ำ การยกคันดิน และยังเป็นการทำลายแหล่งอาหารตามธรรมชาติ แหล่งวางไข่ แหล่งผสมพันธุ์ แหล่งอาศัย และแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนอีกด้วย สภาพของดินที่ผ่านการทำนากุ้งแล้วจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างและอินทรียวัตถุลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเป็นกรด-ด่างจะลดลงอยู่ในระดับกรดจัดมาก (pH < 4.5) จนเป็นปัญหาต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง หรือการฟื้นฟูพื้นที่กลับเป็นป่าชายเลน (ชฎา ณรงค์ฤทธิ์, 2536) พื้นที่ที่ผ่านการทำนากุ้งแล้ว ต้องใช้เวลาที่ยาวนานหากปล่อยให้มีการทดแทนสังคมพืชตามธรรมชาติ เพราะดินจะเสื่อมสภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมี (สนิท อักษรแก้ว, 2538) ดังนั้นจึงมีความพยายามของหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้องในการเข้าไปปลูกป่าทดแทนซึ่งจะก่อให้เกิดสมดุลของระบบนิเวศในบริเวณดังกล่าวได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ดังเช่นบริเวณพื้นที่ศึกษาตำบลท้องเนียน อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของดินและน้ำในดินในพื้นที่ที่ปลูกป่าชายเลนทดแทนในนากุ้งร้าง ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาพื้นที่นากุ้งร้างให้กลับสู่สภาพป่าชายเลนอีกครั้งหนึ่ง และจะช่วยส่งเสริมให้มีการดำเนินการปลูกป่าชายเลนในพื้นที่บริเวณอื่น ๆ ของประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษาอยู่ในพื้นที่ของศูนย์ผลิตพันธุ์ไม้ป่าชายเลน ตำบลท้องเนียน อำเภอขนอม 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 นอกจากนี้ยังได้เก็บตัวอย่างดินในบริเวณนากุ้งร้างจากพื้นที่ใกล้เคียงซึ่งไม่ได้ทำการปลูกป่าทดแทน 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 ตัวอย่างน้ำที่สูบขึ้นมาจากท่อ PVC จะถูกบรรจุในขวดพลาสติก (polyethylene) ขนาด 500 ml แช่เย็นในลังโฟมที่บรรจุน้ำแข็ง แล้วนำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีพารามิเตอร์และวิธีการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 2 ทำการเก็บข้อมูลดินและน้ำในดิน 2 ครั้ง คือ ในเดือนเมษายน 2544 และในเดือนพฤษภาคม 2545

ข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างที่วิเคราะห์ซ้ำ และทดสอบความแตกต่างระหว่างสมบัติของดินและน้ำในดินในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง และระหว่างช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างโดยใช้ 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-ด่าง (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)	เปรียบเทียบเปอร์เซนต์ของขนาดอนุภาคดินกับตารางชั้นเนื้อดิน
5.	อินทรียวัตถุ (soil organic matter : OM)	Walkley and Black Rapid Tritation (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-ด่าง (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 : NH_4-N)	Phenolhypochlorite Method (Parson et al., 1989)
6. ไนไตรท์ไนโตรเจน (nitrite - nitrogen : NO_2-N)	Colorimetric Method (Parson et al., 1989)
7. ไนเตรทไนโตรเจน (nitrate - nitrogen : NO_3-N)	Reduction by Cadmium-Copper Column (Parson et al., 1989)
8. ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen : TN)	Semi - Micro - Kjedahl Method (AWWA, 1998)
9. ฟอสเฟตฟอสฟอรัส (phosphate - phosphorus : PO_4-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 34-35 °c อุณหภูมิดินในชั้นล่างมีค่าประมาณ 31 °c ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีค่าระหว่าง +60 ถึง +129 mV ที่ระดับความลึกเกินกว่า 40 ซม. ดินมีค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลเป็นลบและเป็นลบสูงถึง -396 mV ที่ระดับความลึก 80 ซม. ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำใต้ดินมีค่า 7.07 - 7.11 และในเดือนสิงหาคม 2538 และมีนาคม 3539 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-ด่างของน้ำใต้ดินมีค่า 6.6 - 7.2 ในเดือนกันยายน 2539 ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีค่าเป็นบวกจนถึงที่ระดับความลึก 70 ซม. จากผิวดิน

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

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินของพื้นที่นากุ้งร้างที่ฟื้นฟูโดยการปลูกป่าทดแทนและที่ไม่ได้ฟื้นฟู ปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติ

พารามิเตอร์	เวลา	แปลงปลูกป่าชายเลนทดแทน				นากุ้งทิ้งร้าง
		โปรง	ถั่ว	แสม	โกงกาง	
pH	เมย. 44	^{bc}7.05 (0.19)	^{bc}7.22 (0.15)	^{ab}6.83 (0.23)	^{a}6.42 (0.93)	^{c}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	เมย. 44	^{c}2.17 (0.23)	^{bc}1.90 (0.29)	^{b}1.76 (0.27)	^{a}1.18 (0.24)	^{c}2.13 (0.15)
(ptt)	พค. 45	^{b}4.83 (0.56)*	^{b}4.67 (0.50)*	^{a}3.60 (0.67)*	^{b}5.17 (0.71)*	^{a}3.67 (0.29)*
Conductivity	เมย. 44	^{d}4.27 (0.49)	^{bc}3.61 (0.53)	^{b}3.33 (0.45)	^{a}2.26 (0.47)	^{cd}4.15 (0.38)
(mS cm^{-1})	พค. 45	^{bc}80.33(15.07)*	^{c}83.89 (6.51)*	^{a}56.11 (6.97)*	^{c}87.22 (15.02)*	^{b}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	เมย. 44	^{a}2.606 (0.146)	^{a}2.660 (0.260)	^{a}2.412 (0.354)	^{a}2.716 (0.319)	^{b}3.151 (0.171)
(mg g^{-1}dry wt)	พค. 45	^{ab}2.234 (0.628)	^{a}1.577 (0.711)*	^{ab}2.214 (0.648)	^{b}2.372 (0.559)	^{ab}2.296 (0.074)*
TP	เมย. 44	^{b}0.234 (0.073)	^{a}0.103 (0.032)	^{ab}0.174 (0.114)	^{a}0.118 (0.046)	^{a}0.113 (0.037)
(mg g^{-1}dry wt)	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	^{b}11.55 (2.49)*	^{a}6.92 (5.64)*	^{ab}11.11(1.62)*	^{b}14.22 (4.21)*	^{b}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	^{ab}50.81 (2.92)*	^{b}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 (ยกเว้นจุดเก็บตัวอย่างในนากุ้งร้างวิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตัวอักษรด้านซ้ายมือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง ในช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างเดียวกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* ด้านขวามือ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำในดินของพื้นที่นากุ้งร้างที่ฟื้นฟูโดยการปลูกป่าชายเลนทดแทน และที่ไม่ได้ฟื้นฟูปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติ

พารามิเตอร์	เวลา	แปลงปลูกป่าชายเลนทดแทน				นากุ้งทิ้งร้าง
		โปรง	ถั่ว	แสม	โกงกาง	
pH	เมย. 44	^{b}6.68 (0.17)	^{a}6.30 (0.19)	^{b}6.53 (0.08)	^{a}6.17 (0.15)	^{c}6.98 (0.17)
	พค. 45	^{b}7.04 (0.22)*	^{ab}6.97 (0.22)*	^{b}7.11 (0.31)*	^{a}6.68 (0.27)*	^{c}8.33 (0.06)*
Salinity	เมย. 44	^{b}38.84 (2.82)	^{ab}36.17 (2.52)	^{a}35.81 (1.35)	^{c}42.93 (2.36)	^{ab}37.83 (1.17)
(psu)	พค. 45	^{ab}40.07 (3.56)	^{b}42.89 (10.09)	^{b}41.01 (3.85*	^{b}42.61 (2.58)	^{a}33.50 (0.10)*
Conductivity	เมย. 44	^{b}58.25 (3.66)	^{ab}55.10 (3.38)	^{a}54.30 (1.82)	^{c}63.76 (3.11)	^{ab}56.83 (1.79)
(mS cm^{-1})	พค. 45	^{b}60.11 (4.63)	^{b}58.16 (6.88)	^{b}62.29 (4.71)*	^{b}63.36 (3.41)	^{a}51.20 (0.30)*
BOD	เมย. 44	^{b}14.33 (4.02)	^{b}15.57 (2.38)	^{a}8.33 (2.87)	^{a}9.03 (3.43)	^{a}9.00 (1.31)
(mg l^{-1})	พค. 45	^{a}5.18 (2.04)*	^{bc}8.92 (4.63)*	^{ab}5.64 (2.05)	^{ab}5.58 (2.03)*	^{c}9.25 (2.17)
NH_4-N	เมย. 44	^{c}0.925 (0.412)	^{bc}0.685 (0.631)	^{ab}0.357 (0.173)	^{a}0.155 (0.063)	^{a}0.061 (0.005)
(mg l^{-1})	พค. 45	^{b}0.306 (0.299)*	^{ab}0.152 (0.147)*	^{ab}0.176(0.184)*	^{ab}0.164 (0.148)	^{a}0.037 (0.012)*
NO_3-N	เมย. 44	^{ab}0.009 (0.012)	^{a}0.005 (0.003)	^{ab}0.013 (0.016)	^{b}0.022 (0.014)	^{a}0.001 (0.000)
(mg l^{-1})	พค. 45	^{a}0.110 (0.101)*	^{a}0.120 (0.125)*	^{a}0.050 (0.047)	^{a}0.083 (0.113)	^{a}0.027 (0.024)
TN	เมย. 44	^{c}1.136 (0.442)	^{bc}0.917 (0.712)	^{ab}0.574 (0.175)	^{a}0.344 (0.071)	^{a}0.192 (0.005)
(mg l^{-1})	พค. 45	^{a}1.111 (0.692)*	^{a}1.004 (0.535)*	^{a}0.858 (1.327)*	^{a}0.796 (0.830)*	^{a}1.173 (0.323)*
PO_4-P	เมย. 44	^{c}0.477 (0.269)	^{bc}0.322 (0.163)	^{c}0.480 (0.281)	^{ab}0.087 (0.123)	^{a}0.019 (0.021)
(mg l^{-1})	พค. 45	^{a}0.105 (0.087)*	^{ab}0.170 (0.142)	^{ab}0.200(0.180)*	^{b}0.354 (0.190)*	^{a}0.052 (0.055)
TP	เมย. 44	^{c}0.887 (0.467)	^{ab}0.377 (0.153)	^{b}0.562 (0.294)	^{a}0.138 (0.163)	^{a}0.046 (0.048)
(mg l^{-1})	พค. 45	^{ab}0.585 (0.598)	^{ab}0.815 (0.652)	^{a}0.284 (0.168)	^{ab}0.408 (0.442)	^{b}0.973 (0.087)*

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

ตัวอักษรด้านซ้ายมือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง ในช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างเดียวกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* ด้านขวามือ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

สมบัติของดิน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่วัดภายในห้องปฏิบัติการ มีค่าอยู่ในช่วง 6.42–7.49 ซึ่งอยู่ในระดับกรดเล็กน้อย (slightly acid) ถึงด่างเล็กน้อย (slightly alkaline) ซึ่งดินป่าชายเลนทั่วไปส่วนใหญ่มีค่า pH ที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการต่ำกว่า 7 ทั้งนี้เพราะดินป่าชายเลนทั่วไปจะมีกำมะถันหรือสารประกอบของกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถรวมกับเหล็กในรูปของสารประกอบไพไรท์ (pyrite : FeS_2) เมื่อดินแห้งจะเกิดออกซิเดชันขึ้น ค่า pH จะเริ่มลดลง และจุลินทรีย์จะมีบทบาทช่วยในการออกซิไดส์กำมะถันและไพไรท์ให้กลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ได้

การที่ pH ของดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นกรดเล็กน้อย น่าจะเป็นผลจากในช่วงที่พื้นที่ถูกใช้ทำนากุ้ง เกษตรกรจะต้องปรับ pH โดยการใส่ปูนขาว รวมทั้งปัจจุบันพื้นที่บริเวณดังกล่าวมีน้ำทะเลท่วมถึงอยู่เสมอ ค่า pH ที่วัดได้ในปี 2545 มีแนวโน้มลดต่ำลง และโดยทั่วไปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชนิดของพืช แต่มีข้อสังเกตุว่าดินภายใต้บริเวณที่ปลูกโกงกางมีค่า pH ค่อนข้างต่ำกว่าบริเวณอื่น ๆ ในทั้ง 2 ปีที่ทำการศึกษา ซึ่งค่าดังกล่าวนี้น่าจะสัมพันธ์กับค่าอินทรียวัตถุ (organic matter: OM) ซึ่งมีค่าสูงในบริเวณที่ปลูกโกงกาง 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 ดงไม้น้ำและคณะ (2538) กล่าวว่าค่าการนำไฟฟ้าขึ้นกับปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณและชนิดของอนุภาคดินเหนียว รวมทั้งอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้นลง ได้แก่ ความถี่และช่วงเวลาที่น้ำทะเลท่วมถึง ตลอดจนปริมาณและการแพร่กระจายของฝน การคายระเหยน้ำ กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินและความลึกของระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งการที่อนุภาคดินเหนียวมีพื้นที่ผิวสูงจึงสามารถดูดซับประจุบวกของธาตุต่าง ๆ 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 ยกเว้นในบริเวณที่ปลูกโกงกางมีแนวโน้มของการสะสมอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบกับค่าอินทรียวัตถุของป่าชายเลนทั่วไป จะพบว่าดินในบริเวณที่ทำการศึกษามีค่าอินทรียวัตถุต่ำกว่า ซึ่งอาจเป็นเพราะพันธุ์ไม้ที่ปกคลุมพื้นที่ยังมีอายุน้อย จึงให้ปริมาณเศษกิ่งไม้ ใบไม้ที่ร่วงหล่นไม่มากนัก เพราะโดยทั่วไปอินทรียวัตถุในป่าชายเลนส่วนใหญ่ได้มากจากการร่วงหล่นของใบไม้และเศษใบไม้ในป่าชายเลนเอง นอกจากนี้ระบบรากของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะช่วยสะสมอินทรียวัตถุไว้ด้วย อินทรียวัตถุในดินถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายและนำไปใช้เป็นแหล่งของพลังงานหรือสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้ระดับของอินทรียวัตถุลดลงเรื่อย ๆ อัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีการระบายอากาศในดินดี ทำให้มีระดับอินทรียวัตถุเหลืออยู่ในดินค่อนข้างต่ำ แต่หากดินอยู่ในสภาพที่

อิ่มตัวด้วยน้ำและมีน้ำแช่ขังเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้อัตราการสลายตัวลดลงอย่างมากและเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่า และสารที่ได้มักเป็นกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ และสารอื่น ๆ

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 1.577-3.151 mg g^{-1} dry wt (หรือ 0.158-0.315 %) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในดินมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งได้จากเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่น ปริมาณ TN ในทุกบริเวณที่ทำการศึกษามีค่าไม่แตกต่างกันนัก แต่ในปี 2544 บริเวณที่ไม่ได้ปลูกป่าทดแทนกลับมีค่า TN ที่สูงกว่าบริเวณอื่น ๆ แต่เมื่อเก็บตัวอย่างซ้ำในปี 2545 ค่า TN ในบริเวณดังกล่าวมีค่าลดต่ำลง

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

ฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.103-0.621 mg g^{-1} dry wt (หรือ 103-621 ppm) ซึ่งเป็นระดับที่สูงมาก โดยทั่วไปฟอสฟอรัสในดินป่าชายเลนจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความอุดมสมบูรณ์ของป่า เช่นเดียวกับปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจน Brady (1974) กล่าวว่า ปริมาณอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดินอาจทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) เพิ่มสูงขึ้นเมื่ออินทรียวัตถุเหล่านั้นสลายตัว และ P อาจได้รับจากน้ำทะเลส่วนหนึ่ง เพราะน้ำทะเลเป็นแหล่งสำคัญที่ให้ P ในรูป soluble P นอกจากนี้ P ยังมีความสัมพันธ์กับ pH ของดิน ถ้า pH อยู่ระหว่าง 6-7 จะมี PO_4-P ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด Tam and Wong (1996) กล่าวว่า การเพิ่ม PO_4-P สู่ป่าชายเลน จะทำให้เกิดกระบวนการ immobilization อย่างรวดเร็วโดยปฏิกิริยาการดูดซับ (adsorption) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณอนุภาค ดินเหนียว เหล็ก ปริมาณอินทรียวัตถุ และค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล ดินในป่าชายเลนที่มีสภาพรีดิวซ์ (reduced) จะมีความสามารถในการดูดซับ P ลดลงอย่างมากเนื่องจากมี Fe^{2+} ในสารละลายดินสูง อย่างไรก็ตามดินในป่าชายเลนบริเวณนี้มีอนุภาคดินเหนียวสูง ปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูง จึงสามารถดูดซับอนุมูล PO_4^{2-} ได้สูงด้วย

เนื้อดิน (Soil Texture)

ในบริเวณที่ทำการศึกษา ปี 2544 พบว่าทุกบริเวณเป็นดินร่วน (loam) ในปี 2545 มีการสะสมของอนุภาคดินเหนียว (clay) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่อนุภาคทรายแป้ง (silt) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน เป็นผลให้การจำแนกเนื้อดินกลายเป็นดินเหนียวปนทราย (sandy clay) ดินเหนียว (clay) และ ดินร่วนเหนียว (clay loam)

สมบัติของน้ำในดิน

สำหรับสมบัติของน้ำในดินในนากุ้งร้างภายหลังการปลูกป่าทดแทน สามารถสรุปได้ดังนี้

pH ของน้ำในดินมีค่าระหว่าง 6.17-8.33 ความเค็มมีค่าสูง อยู่ในช่วง 33.50-42.93 psu ซึ่งอาจเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างได้ทำในฤดูแล้ง ส่วนค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 51.20 - 63.76 mS cm^{-1} ซึ่งเป็นค่าที่สูง

ค่า BOD ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำ พบว่ามีค่าผันแปรระหว่าง 5.58-15.57 mg l^{-1} ค่าที่วิเคราะห์ได้ในปี 2544 โดยทั่วไปมีค่าสูงกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้ในปี 2545

ค่า TN อยู่ระหว่าง 0.344-1.858 mg l^{-1} แอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 0.037-0.925 mg l^{-1} และไนเตรท-ไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 0.001-0.120 mg l^{-1}

ค่า TP อยู่ระหว่าง 0.046-0.973 mg l^{-1} ส่วนออร์โธฟอสเฟตอยู่ระหว่าง 0.019-0.480 mg l^{-1}

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาสมบัติของดินและน้ำภายใต้ป่าชายเลนที่ปลูกเพื่อฟื้นฟูนากุ้งร้าง อายุ 6-7 ปี พบว่าสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินมีสภาพใกล้เคียงและอยู่ในอยู่ในเกณฑ์ที่พบทั่วไปในพื้นที่ป่าชายเลน แต่มีค่าฟอสฟอรัสสูงและอินทรียวัตถุยังอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากพันธุ์ไม้ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของอินทรียวัตถุในป่าชายเลนยังมีขนาดเล็ก นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างของดินภายใต้พันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความผันแปรระหว่างช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างภายใต้จุดเก็บตัวอย่างแต่ละบริเวณนั้นจะพบแนวโน้มของการสะสมอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้นและดินมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูนากุ้งร้างสามารถดำเนินการได้อย่างประสบความสำเร็จและมีส่วนทำให้สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินอยู่ในเกณฑ์ดี อย่างไรก็ตามควรมีการติดตามศึกษาคุณภาพดินอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สมบูรณ์ขึ้นและจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการปลูกป่าชายเลนทดแทนในพื้นที่นากุ้งร้างในบริเวณอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ชฎา ณรงค์ฤทธิ์. 2536. ผลกระทบจากการทำนากุ้งในพื้นที่ป่าชายเลนต่อสมบัติของดิน. หน้า VI-6-1-VI-6-20. *ใน* : รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 8 : การจัดการทรัพยากรป่าชายเลนแบบยั่งยืน. 25-28 สิงหาคม 2536. โรงแรมวังใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี.

สนิท อักษรแก้ว. 2538. การอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อคุณภาพชีวิต. หน้า I-02-1 - I-02-7. *ใน* : รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 9 : การอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อสังคมไทยในทศวรรษหน้า. 6-9 กันยายน 2538. โรงแรมภูเก็ตเมอร์ลิน จังหวัดภูเก็ต.

สินี ดงไม้น้ำ ทญิงเหล็ก พงษ์พยัคฆ์ นพมณี สุวรรณัง และชาลี นาวานุเคราะห์. การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางแร่บางประการของดินเค็มชายทะเล บริเวณลุ่มน้ำภาคกลางและภาคใต้ของประเทศไทย. หน้า V-09-1 - V-09-25. *ใน* : รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 9 : การอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อสังคมไทยในทศวรรษหน้า. 6-9 กันยายน 2538. โรงแรมภูเก็ตเมอร์ลิน จังหวัดภูเก็ต.

Aksornkoae, S. 1986. Productivity and mortality of mangrove plantation in an abandoned mining area for coastal zone development in Thailand. pp.1-14. UNDP/UNESCO Regional Project. Research and Training Pilot Programme on Mangrove Ecosystems in Asia and the Pacific (RAS/79/002)

APHA, AWWA and WEF (American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation). 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington DC.

Brady, N. C. 1984. The Nature and Properties of Soil. 9th ed., Macmillan Publishing., New York.

Jackson, M. L. 1958. Phosphorus Determinations for Soils. Soil Chemical Analysis, 134-203. Prentice-Hall, Inc.

JAM (Japan Association for Mangroves). 1997. Final Report of the ITTO Project on Development and Dissemination of Re-afforestation Techniques of Mangrove Forest *[PD 11/92 Rev. 1(F)]*. Publication of the Japan Association for Mangroves, Tokyo, Japan.

Parson, T. R., Y. Maita, and C. M. Lalli, 1989. A Mannual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. 3th ed. Oxford: Pergamon Press.

Strickland, J. D. H., and T. R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Ottawa : Fisheries Research Board of Canada.

Tam, N. F. Y. and Y. S. Wong. 1996. Retention of wastewater-borne nitrogen and phosphorus in mangrove soils. *Environ. Technol.* 17 : 851 - 859.

Tan, K. H. 1996. Determination of Macroelements. Soil Sampling Preparation and Analysis, pp. 135-187. Marcel Dekker, Inc.