ภาคผนวก

ผลงานเผยแพร่วิชาการจากงานวิจัย

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

การเปลี่ยนแปลงไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในเนื้อเยื่อของปะการังและซูแซนเทลลี

Variations of the stable carbon isotope composition of corals tissue and zooxanthellae

อมรชัย ออมทรัพย์ และถนอมศักดิ์ บุญภักดี

Amornchai Omsup and Thanomsak Boonphakdee

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในเนื้อเยื่อของปะการังและซูแซนเทลลี โดยเก็บตัวอย่างปะการังแข็ง *Porites lutea, Montipora hispida, Pavona cactus, Goniopora stokesi*, ปะการังอ่อน *Sarcophyton* sp. และดอกไม้ทะเล ในฤดูฝน (ตุลาคม 2551) และฤดูแล้ง (มีนาคม 2552) จากเกาะสัมปันยื่อ จังหวัดชลบุรี พบว่าในฤดูฝนเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังแข็ง *P. lutea, M. hispida* และ *P. cactus* มี $\delta^{13}C$ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) บ่งชี้ให้เห็นว่าปะการังได้รับคาร์บอนอินทรีย์จากซูแซนเทลลีเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่ปะการังอ่อนและดอกไม้ทะเลในทั้งสองฤดูมี $\delta^{13}C$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนในฤดูแล้งเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังแข็ง *P. lutea, M. hispida* และ *P. cactus* มี $\delta^{13}C$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) บ่งชี้ให้เห็นว่าปะการังไม่ได้รับคาร์บอนอินทรีย์มาจากซูแซนเทลลีเพียงอย่างเดียว แต่จะได้รับสารอินทรีย์คาร์บอนมาจากแหล่งอื่นๆด้วย นอกจากนี้เนื้อเยื่อปะการังแข็งเกือบทุกชนิด ซูแซนเทลลี และดอกไม้ทะเลมี $\delta^{13}C$ ในฤดูฝนต่ำกว่าในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) บ่งชี้ว่าสารอินทรีย์จากแผ่นดินมีความสำคัญต่อแนวปะการัง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบนิเวศบนบกและทางทะเล

คำสำคัญ : ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน; ปะการัง; สารอินทรีย์คาร์บอน

Abstract

Variations of the stable carbon isotope composition ($\delta^{13}C$) in tissue and zooxanthellae of sea anemones, soft and hard corals were obserbed. Samples of hard corals *Porites lutea, Montipora hispida, Pavona cactus, Goniopora stokesi*, soft corals *Sarcophyton* sp. and sea anemones were taken in rainy season (October 2008) and dry season (March 2009) from Ko Sampan Yue, Chonburi Province. In the rainy season, values of $\delta^{13}C$ in the tissue and zooxanthellae of *P. lutea, M. hispida* and *P. cactus* were not statistically significant difference ($p>0.05$). This indicates that corals achieved most organic carbon derived from zooxanthellae. $\delta^{13}C$ in soft corals and sea anemones in both seasons were statistically significant differences ($p<0.05$). During the dry season the tissue and zooxanthellae of hard corals *P. lutea, M. hispida* and *P. cactus* showed statistically significant differences ($p<0.05$). Indicating that corals did not only received organic carbon derived from zooxanthellae but also from other sources. Furthermore in the rainy season almost hard corals tissue, zooxanthellae and sea anemones had more statistically negative $\delta^{13}C$ values than those of the dry season. This indicated an evidence of terrestrial organic matter as a source of organic carbon in coral ecosystems.

Keyword : stable carbon isotope; corals; organic carbon

E-mail : Amorn_om@hotmail.com

โครงการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

Graduate Program in Environmental Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทนำ

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดในระบบนิเวศจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้นั้นต้องได้รับอาหารหรือพลังงานมาใช้ในการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับปะการังที่เป็นสิ่งมีชีวิตแบบ mixotroph โดยปะการังจะได้รับสารอินทรีย์คาร์บอนหลักมาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลี (zooxanthellae) ที่อาศัยอยู่ร่วมกับเนื้อเยื่อของปะการังและได้รับสารอินทรีย์มาจากแหล่งอื่นๆ ภายนอกตัวปะการัง เพื่อสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการหายใจ (Alamaru et al., 2009)

หมู่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำจืดจากการไหลบ่าของแม่น้ำสายหลัก ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางประกง แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำแม่กลอง จึงทำให้ในฤดูฝนน้ำทะเลบริเวณแนวปะการังในหมู่เกาะสีชังมีความเค็มลดลงเหลือเพียงประมาณ 25 ส่วนในพันส่วน (Nakano et al., 1994) โดยสารอินทรีย์จากแผ่นดินปริมาณมากที่ถูกพัดพามาตามแม่น้ำลงสู่ชายฝั่งทะเลในช่วงฤดูฝนซึ่งอาจจะเป็นแหล่งอินทรีย์คาร์บอนของซูแซนเทลลีและเนื้อเยื่อของปะการัง

สารอินทรีย์มีความสำคัญต่อปะการังในด้านต่างๆ เช่น การเจริญเติบโต การสะสมหินปูน ความต้านทานโรค กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และกระบวนการหายใจ (ISRS, 2004) ซึ่งวิธีการที่จะบ่งชี้ให้เห็นว่าปะการังนั้นได้รับสารอินทรีย์จากแผ่นดินมาใช้ในการเจริญเติบโตหรือไม่ และเนื้อเยื่อของปะการังได้รับอินทรีย์คาร์บอนมาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีได้มากน้อยเพียงใด สามารถทำการศึกษาได้โดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) (Ahmad et al., 2010) ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตรวจสอบติดตามและวางแผนจัดการสารอินทรีย์จากแหล่งต่างๆ ที่จะลงสู่ชายฝั่งทะเลให้อยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสมและมีความยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อบ่งชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของสารอินทรีย์จากแผ่นดินที่ปะการังนำไปใช้ในการดำรงชีวิต

วัสดุและระเบียบวิธีวิจัย

1. สถานที่เก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิตบริเวณเกาะสันปันยื้อ (13" 10' 54 N, 100" 48' 01 E) อยู่ทางทิศเหนือของเกาะสีชัง โดยเก็บตัวอย่างปะการังแข็ง ได้แก่ ปะการังโขด (*Porites lutea*), ปะการังเคลือบ (*Montipora hispida*), ปะการังแผ่น (*Pavona cactus*) และปะการังดอกไม้ (*Goniopora stokesi*) ซึ่งเป็นปะการังชนิดเด่นที่พบในบริเวณหมู่เกาะสีชังและอ่าวไทยตอนใน นอกจากนี้ยังทำการเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิตอื่นๆอีก เช่น ปะการังอ่อน (*Sarcophyton* sp.) และดอกไม้ทะเล ในส่วนราบของแนวปะการัง (Reef flats) ด้วยการดำน้ำแบบ SCUBA ที่ความลึกของน้ำประมาณ 2 – 5 เมตร และเก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ระดับความลึก 0.5 เมตร จากผิวน้ำโดยใช้กระบอกเก็บน้ำขนาด 1 ลิตร พร้อมทั้งวัดค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำต่างๆ ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด – ด่าง และการนำไฟฟ้า โดยใช้เครื่อง Multiprobe YSI 85 ในวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2551 (ฤดูฝน) และวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2552 (ฤดูแล้ง)

2. การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างปะการังแข็งมาฉีดอัดด้วยอากาศแรงดันสูง และนำตัวอย่างปะการังอ่อนและดอกไม้ทะเลมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer จากนั้นนำมาแยกซูแซนเทลลีออกจากเนื้อเยื่อของปะการังโดยการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge (Alamaru, 2009) อบให้แห้งบดให้ละเอียด และนำไปสกัดไขมันออกด้วยสารละลายที่มีส่วนผสมของคลอโรฟอร์มและเมทานอล

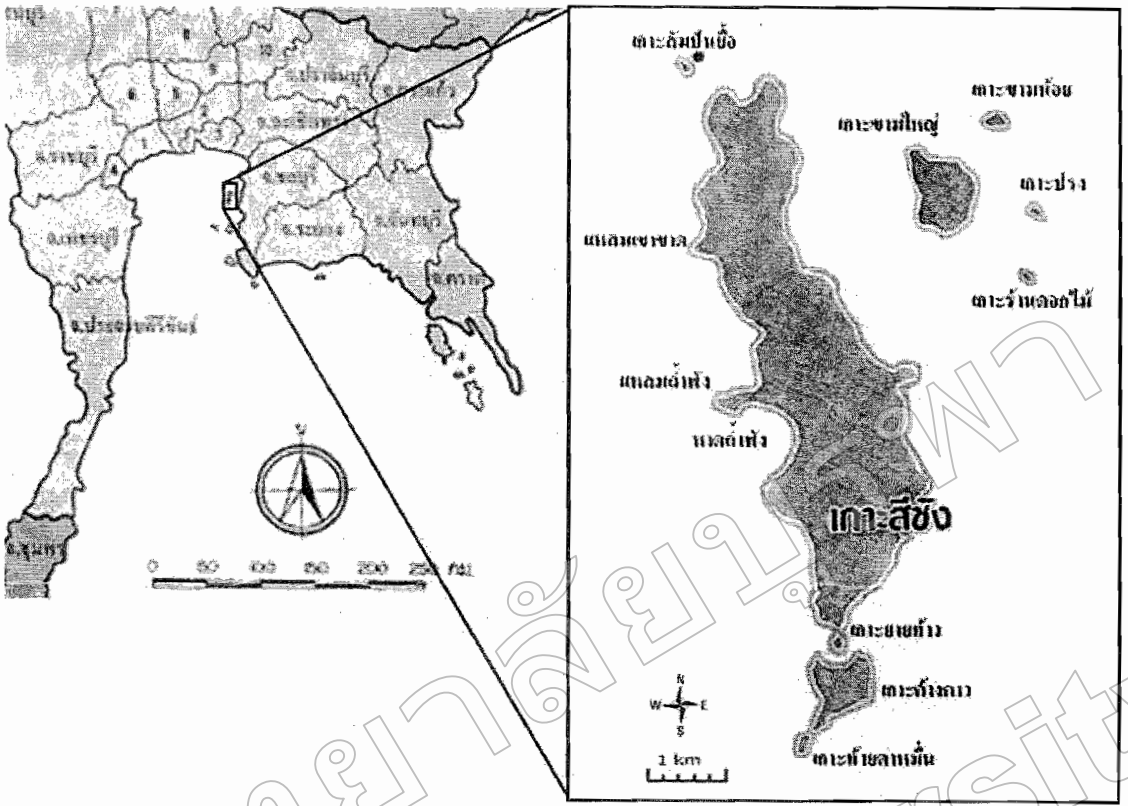
3. การวิเคราะห์ปริมาณ $\delta^{13}C$

ทำการวิเคราะห์ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในตัวอย่างปะการังและดอกไม้ทะเลมา ด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer ซึ่งสัดส่วน $^{13}C/^{12}C$ มีหน่วยเป็น "mill (‰)" เป็นความสัมพันธ์ของความแตกต่างระหว่างค่าของตัวอย่างและสารมาตรฐาน

$$\delta X\ (‰) = [(R_{sample}/R_{standard}) - 1] \times 10^3$$

เมื่อ X แทน ^{13}C และ R แทน $^{13}C/^{12}C$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 1 สถานที่เก็บตัวอย่างปะการังและดอกไม้ทะเลบริเวณเกาะสัมปันยื้อ หมู่เกาะสีชัง จ.ชลบุรี

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดสอบความแตกต่างระหว่าง $\delta^{13}C$ ของเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีจากปะการังและดอกไม้ทะเลแต่ละชนิด โดยใช้ T-test เป็นตัวทดสอบทางสถิติ

ผลการทดลอง

$\delta^{13}C$ ในเนื้อเยื่อของปะการังแข็งในฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ในช่วง -12.77 ถึง -17.10‰ และ -10.07 ถึง -17.10‰ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าดอกไม้ทะเลที่มี $\delta^{13}C$ ในฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ในช่วง -11.63 ถึง -11.86‰ และ -10.91 ถึง -11.461‰ ตามลำดับ และปะการังอ่อนที่มี $\delta^{13}C$ ในฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ในช่วง -6.371ถึง -6.981‰ และ -6.188 ถึง -7.307‰ ตามลำดับ โดย *G. stokesi* นั้นมี $\delta^{13}C$ ต่ำสุดในฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ในช่วง -15.59 ถึง -16.71‰ และ -15.15 ถึง -17.10‰ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

$\delta^{13}C$ ในซูแซนเทลลีของปะการังแข็งในฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ในช่วง -14.02 ถึง -17.13‰ และ -12.04 ถึง -17.61‰ ตามลำดับ ส่วนปะการังอ่อนมี $\delta^{13}C$ ในฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ในช่วง -11.49 ถึง -11.66‰ และ -16.95 ถึง -17.20‰ ตามลำดับ และดอกไม้ทะเลมี $\delta^{13}C$ ในฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ในช่วง -11.96 ถึง -12.56‰ และ -11.57 ถึง -11.68‰ ตามลำดับ โดย *G. stokesi* นั้นมี $\delta^{13}C$ ต่ำสุดในฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ในช่วง -16.83 ถึง -17.13‰ และ -16.52 ถึง -17.61‰ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ในฤดูฝนเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังแข็ง *P. lutea*, *M. hispida* และ *P. cactus* มี $\delta^{13}C$ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนปะการังอ่อนและดอกไม้ทะเลในทั้งสองฤดูมี $\delta^{13}C$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปะการังแข็ง *P. lutea*, *M. hispida* และ *P. cactus* ในฤดูแล้งมี $\delta^{13}C$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ทั้งในเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังแข็งเกือบทุกชนิดและดอกไม้ทะเลในฤดูฝนมี $\delta^{13}C$ ต่ำกว่าในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้นซูแซนเทลลีของปะการังอ่อนที่ในฤดูแล้งมี $\delta^{13}C$ ต่ำกว่าฤดูฝน (ตารางที่ 1)

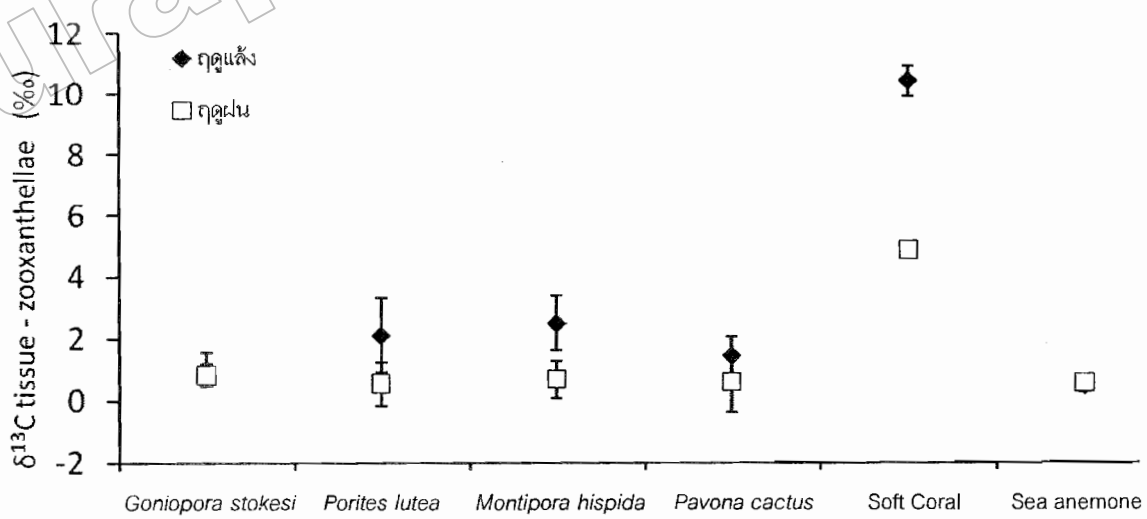
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 1 $\delta^{13}C$ และความแตกต่างทางสถิติระหว่างเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังและดอกไม้ทะเลแต่ละชนิด

ชนิด	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง	
	n	$\delta^{13}C$	n	$\delta^{13}C$
Goniopora stokesi				
Tissue	5	-16.19 (±0.52) [a,c]	5	-15.97 (±1.00) [a,c]
zooxanthellae	3	-17.00 (±0.16) [b,c]	5	-16.98 (±0.46) [a,d]
Porites lutea				
Tissue	3	-13.77 (±0.98) [a,c]	5	-10.03 (±1.32) [a,d]
zooxanthellae	3	-14.29 (±0.26) [a,c]	3	-12.12 (±0.12) [b,d]
Montipora hispida				
Tissue	5	-15.27 (±0.42) [a,c]	4	-11.84 (±0.95) [a,d]
zooxanthellae	3	-15.93 (±1.01) [a,c]	3	-14.32 (±0.08) [b,d]
Pavona cactus				
Tissue	5	-15.97 (±1.00) [a,c]	3	-14.98 (±0.73) [a,c]
zooxanthellae	3	-16.56 (±0.04) [a,c]	3	-16.43 (±0.12) [b,d]
Soft Coral				
Tissue	4	-6.68 (±0.25) [a,c]	3	-6.58 (±0.63) [a,c]
zooxanthellae	3	-11.57 (±0.09) [b,c]	3	-17.07 (±0.13) [b,d]
Sea anemone				
Tissue	3	-11.71 (±0.13) [a,c]	3	-11.18 (±0.27) [a,d]
zooxanthellae	3	-12.26 (±0.30) [b,c]	3	-11.64 (±0.06) [b,d]

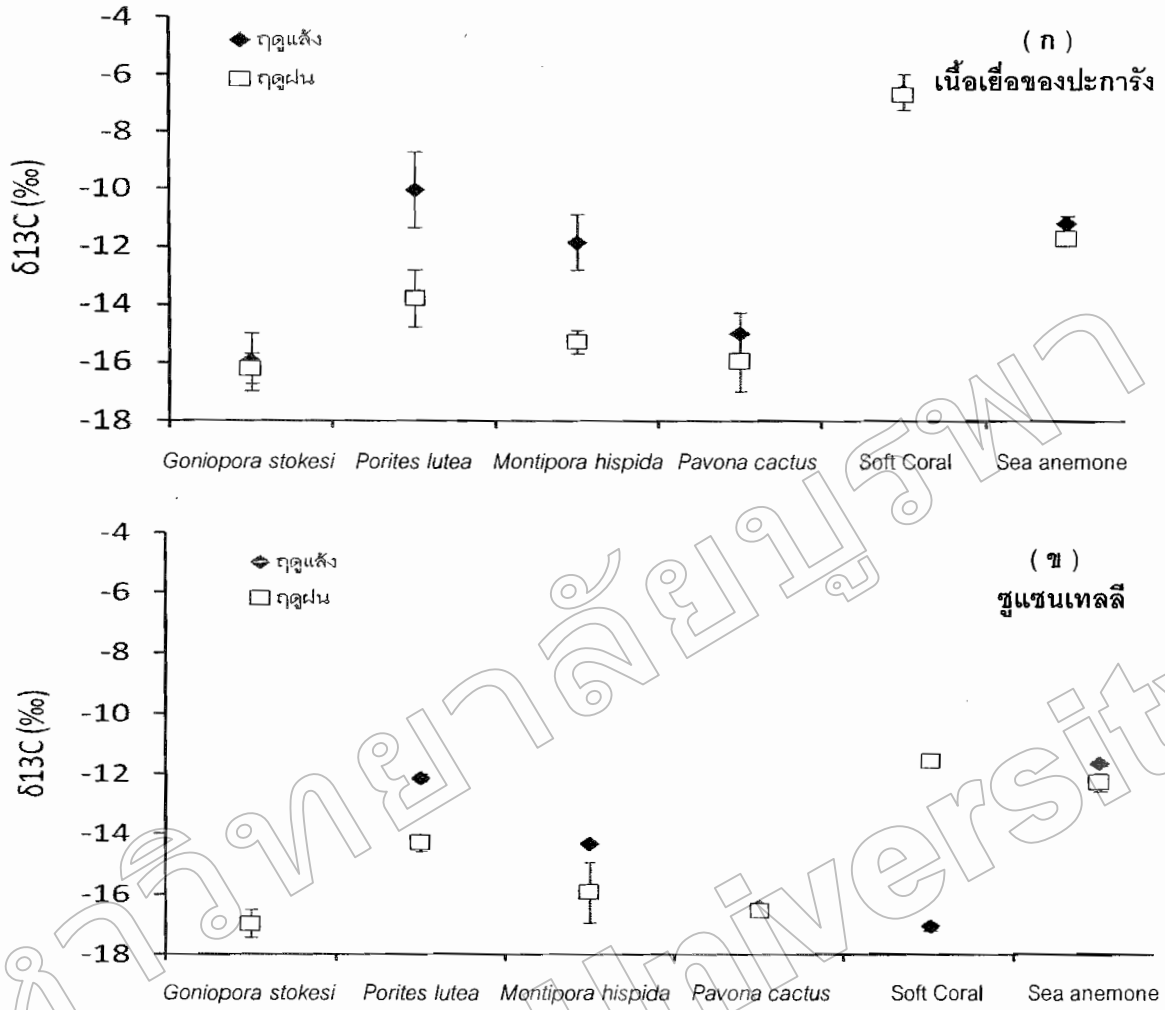
[a, b] อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน (เนื้อเยื่อและซูแซนเทลลี) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

[c, d] อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน (ฤดูฝนและฤดูแล้ง) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



รูปที่ 2 ความแตกต่างระหว่าง $\delta^{13}C$ ของเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีในปะการังและดอกไม้ทะเลแต่ละชนิด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 3 ปริมาณ $\delta^{13}C$ เฉลี่ยของเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังและดอกไม้ทะเลแต่ละชนิด

วิจารณ์และสรุปผล

แหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนที่เนื้อเยื่อของปะการังได้บมาใช้สำหรับการดำรงชีวิตสามารถพิจารณาได้จากปริมาณ $\delta^{13}C$ ซึ่งพบว่าเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังแข็งส่วนใหญ่มี $\delta^{13}C$ ไม่แตกต่างกันในฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงให้เห็นว่าเนื้อเยื่อของปะการังชนิดดังกล่าวได้รับสารอินทรีย์คาร์บอนมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีเป็นส่วนใหญ่ ส่วนปะการังอ่อนและดอกไม้ทะเลในทั้งสองฤดู และปะการังแข็งเกือบทุกชนิดในฤดูแล้งมี $\delta^{13}C$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่าเนื้อเยื่อของปะการังชนิดดังกล่าวไม่ได้รับสารอินทรีย์คาร์บอนมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีเพียงอย่างเดียว แต่จะได้รับสารอินทรีย์คาร์บอนมาจากแหล่งอื่นๆด้วย อย่างเช่น แพลงก์ตอนพืช สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทะเลรอบๆ หรือสารอินทรีย์จากแผ่นดิน (Muscatine et al., 1989; Swart et al., 2005)

การที่ $\delta^{13}C$ ของเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีในปะการังอ่อนมีความแตกต่างกันอย่างมากในทั้งสองฤดูเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มปะการังแข็งและดอกไม้ทะเล (รูปที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำทะเลในแนวปะการังบริเวณเกาะสัมปันยื้อ

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำ	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ความเค็ม (ppt)	24.90	32.47
อุณหภูมิ (C°)	29.90	30.26
ความเป็นกรด – ด่าง	8.26	8.34
การนำไฟฟ้า (mS/cm)	19.29	54.87

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อาจเนื่องมาจากปะการังอ่อนนั้นสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีสารอินทรีย์อุดมสมบูรณ์และมีความเข้มแสงน้อย และสามารถใช้ประโยชน์จากสารอินทรีย์แขวนลอยในมวลน้ำเป็นแหล่งอาหารได้เป็นอย่างดี (Veron, 1986) แต่เมื่อความเข้มแสงสำหรับใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีไม่เพียงพอจึงส่งผลให้เนื้อเยื่อปะการังได้รับคาร์บอนจากซูแซนเทลลีไม่เพียงพอต่อความต้องการเช่นกัน ดังนั้นปะการังจึงต้องใช้สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำบริเวณนั้นเป็นอาหาร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้บ่งชี้ให้เห็นว่าปะการังอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงจาก autotroph ไปเป็น heterotroph (Swart et al., 2005)

$\delta^{13}C$ ของเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตามฤดูกาล ซึ่งเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังแข็งเกือบทุกชนิดและดอกไม้ทะเลในฤดูฝนมี $\delta^{13}C$ ต่ำกว่าในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (รูปที่ 3 ก และ ข) เนื่องจากแนวปะการังบริเวณเกาะสัมปันยี้อนั้นได้รับอิทธิพลของน้ำจืดจากแผ่นดินใหญ่เป็นอย่างมาก ส่งผลให้ในฤดูฝนน้ำทะเลบริเวณนี้มีความเค็มลดลงเหลือเพียง 25 ส่วนในพันส่วน ซึ่งปกติในฤดูแล้งน้ำทะเลจะมีความเค็ม 32 ส่วนในพันส่วน (ตารางที่ 2) นั่นก็หมายความว่าน้ำจืดจากแผ่นดินที่ไหลลงสู่ทะเลในปริมาณมากจะเป็นตัวพัดพาสารอินทรีย์จากแผ่นดินลงสู่ทะเล ซึ่งสารอินทรีย์จากแผ่นดิน เช่น พืชบกทั่วไปจะมี $\delta^{13}C$ ในช่วง -23 ถึง -30‰ (Boutton, 1991) ส่งผลให้ปริมาณ $\delta^{13}C$ ทั้งในเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังในฤดูฝนจึงมีค่าต่ำกว่าในฤดูแล้ง (Swart et al., 1996)

สำหรับปะการัง *G. stokesi* มีลักษณะเป็นก้อนขนาดใหญ่ มีโพลิปยาว (Veron, 1986) ซึ่งพบว่า $\delta^{13}C$ ของเนื้อเยื่อปะการังและซูแซนเทลลีมีปริมาณต่ำสุดในทั้งสองฤดูเมื่อเปรียบเทียบกับปะการังชนิดอื่นๆ โดย $\delta^{13}C$ ของปะการังแต่ละชนิดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปร่างโคโลนี ขนาดและจำนวนโพลิปของปะการัง (Einbinder et al., 2009) ในการนำ CO_2 และ HCO_3^- ไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์ด้วยแสงของเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลี (Titlyanov et al., 2008)

บรรณานุกรม

Ahmad, S.M., Padmakumari, V.M., Raza, W., Venkatesham, K., Suseela, G., Sagar, N., Chamoli, A., Rajan, R. S. (2010). High-resolution carbon and oxygen isotope records from a scleractinian (Porites) coral of Lakshadweep Archipelago. Quaternary International: 1–8.

Alamaru, A., Loya, Y., Brokovich, E., Yam, R., Shemesh, A. (2009). Carbon and nitrogen utilization in two species of red sea corals along a depth gradient: Insights from stable isotope analysis of total organic material and lipids. Geochimica et Cosmochimica Acta, 73: 5333–5342.

Boutton, T. W. (1991). Stable carbon isotope ratios of natural materials: II. Atmospheric, terrestrial, marine, and freshwater environments. In: Carbon Isotopes Techniques (Coleman, D. C. & Fry, B., eds). Academic Press Inc., San Diego: 173–185.

Einbinder, S., Mass, T., Brokovich, E., Dubinsky, Z., Erez, J., Tchernov, D. (2009). Changes in morphology and diet in the coral Stylophora pistillata along a depth gradient. Marine Ecology Progress Series, 381: 167–174.

Furla, P., Galgani, I., Durand, I., Allemand, D. (2000). Sources and mechanisms of inorganic carbon transport for coral calcification and photosynthesis. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 203: 3445–3457.

ISRS (2004). The effects of terrestrial runoff of sediments, nutrients and other pollutants on coral reefs. Briefing Paper 3, International Society for Reef Studies: 18 pp.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Muscatine, L., Porter, J.W., Kaplan, I.R. (1989). Resource partitioning by reef corals as determined from stable isotope composition I. $\delta^{13}C$ of zooxanthellae and animal tissue versus depth. Marine Biology,100: 185–193.

Nakano, Y., Tsuchiya, M., Rungsupa, S., Yamazato, K. (1994). Influences of severe freshwater flooding during the rainy season on the coral community around Khang Khao Island in the inner Gulf of Thailand. Proceeding of International Symposium on Ecology of Coral Reef Communities in The Gulf of Thailand, 24 – 26 October, 1996, Sichang Palace Hotel, Sichang Island, Chonburi Thailand.

Swart, P.K., Leder, J. J., Szmant, A., Dodge, R. E. (1996). The origin of variations in the isotopic record of scleractinian corals: I. Carbon. Geochimica et Cosmochimica Acta, 60: 2871–2886.

Swart, P.K., Saied, A., Lamb, K. (2005). Temporal and spatial variation in the $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$ of coral tissue and zooxanthellae in *Montastraea faveolata* collected from the Florida reef tract. Limnology and Oceanography, 50: 1049–1058.

Titlyanov, E..A., Kiyashko, S.I., Titlyanova, T. V., Kalita, T.L., Raven, J..A. (2008). $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values in reef corals *Porites lutea* and *P. cylindrica* and in their epilithic and endolithic algae. Marine Biology, 155: 353-361.

Veron. J. E. N. (1986). *Corals of Australia and the Indo-Pacific*. Australia: The Australian Institute of Marine Science: 644 pp.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University