

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

การได้รับสารอินทรีย์ของเนื้อเยื่อปะการังและซูแซนเทลลี

1. ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลี

กลุ่มนิเวศปะการังของเกาะสัมปะชัย ในหมู่เกาะสิลัง จังหวัดชลบุรี เป็นชุมชนปะการังน้ำตื้นมีความลึกประมาณ 1 – 3 เมตร พบว่าปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในปะการังดอกไม้ (*Goniopora* sp.) ปะการังโขด (*P. lutea*) ปะการังช่องเล็กแบบแผ่น (*M. hispida*) และปะการังลายดอกไม้ (*P. frondifera*) มีค่าอยู่ในช่วง -11.03 ถึง -18.06‰ ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในปะการังดอกไม้ (*Goniopora* sp.) บริเวณแนวปะการังของเกาะ Ishigaki ประเทศญี่ปุ่นที่มีค่าประมาณ -14‰ (Yamamuro, Minagawa, & Kayanne, 1992) และบริเวณอ่าว Aqaba ประเทศอิสราเอลที่มีค่าประมาณ -13 ถึง -16‰ (Levy et al., 2006) และยังมีค่าใกล้เคียงกับปะการังโขด (*P. lutea*) บริเวณแนวปะการังบริเวณหมู่เกาะ Palau ในมหาสมุทรแปซิฟิกที่มีค่าประมาณ -11 ถึง -15‰ (Yamamuro et al., 1995) และแนวปะการังของเกาะ Sesoko ประเทศญี่ปุ่นที่มีค่าประมาณ -9 ถึง -15‰ (Titlyanov et al., 2008; 2010) โดยปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในปะการังแข็งบริเวณเกาะสัมปะชัยมีค่าน้อยกว่าดอกไม้ทะเล (*H. magnifica*) ที่มีค่าอยู่ในช่วง -10.71 ถึง -12.54‰ และน้อยกว่าปะการังอ่อน (*Sarcophyton* sp.) ที่มีค่าอยู่ในช่วง -6.45 ถึง -11.32‰ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4-2 และภาพที่ 4-1)

ในธรรมชาติปะการังแข็ง ปะการังอ่อน และดอกไม้ทะเลจะปรับตัวให้เหมาะสมกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำทะเล (Grottoli, Rodrigues, & Palardy, 2006) พบว่าปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ของซูแซนเทลลีในตัวอย่างสิ่งมีชีวิตบริเวณชุมชนปะการังของเกาะสัมปะชัยมีค่ามากกว่าแพลงก์ตอนพืชในทะเลที่มีค่าประมาณ -20‰ (Goericke & Fry, 1994) (ตารางที่ 4-2) โดยในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีจะใช้ Rubisco 2 โมเลกุล เป็นตัวรับ CO_2 แล้วเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนอินทรีย์ ซึ่งแตกต่างจากแพลงก์ตอนพืชและพืชบกทั่วไปที่ใช้ Rubisco 1 โมเลกุล เป็นตัวรับ CO_2 ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Hoegh-Guldberg & Jones, 1999) โดย Rubisco 2 โมเลกุล สามารถรับ $^{13}\text{CO}_2$ ได้มากกว่า Rubisco 1 โมเลกุล จึงส่งผลให้ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในซูแซนเทลลีมีค่ามากกว่าแพลงก์ตอนพืช (Palmer, 1996; Bergschneider & Muller-parker, 2008)

ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ นั้นสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้แหล่งที่มาของคาร์บอนอินทรีย์จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีไปยังเนื้อเยื่อปะการังได้ (Swart et al., 2005) ซึ่งปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ของปะการังโขด (*P. lutea*) ปะการังช่องเล็กแบบแผ่น (*M. hispida*) ปะการังลายดอกไม้ (*P. frondifera*) ปะการังอ่อน (*Sarcophyton* sp.) และดอกไม้ทะเล (*H. magnifica*) ในช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 4-3 ก) แสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตดังกล่าวข้างต้นได้รับคาร์บอนอินทรีย์ส่วนใหญ่มาจากการบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีที่อาศัยอยู่ร่วมกับเนื้อเยื่อของปะการังเอง ขณะที่ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ของปะการังดอกไม้ (*Goniopora* sp.) ปะการังโขด (*P. lutea*) ปะการังช่องเล็กแบบแผ่น (*M. hispida*) ปะการังอ่อน (*Sarcophyton* sp.) และดอกไม้ทะเล (*H. magnifica*) ในช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 4-3 ข) แสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตดังกล่าวข้างต้นไม่ได้รับคาร์บอนอินทรีย์มาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีที่อาศัยอยู่ร่วมกับเนื้อเยื่อปะการังเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่จะได้รับคาร์บอนอินทรีย์จากแหล่งอื่นๆ ด้วย (Muscantine et al., 1989; Swart et al., 2005) แพลงก์ตอนสัตว์ และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเล โดยปกติแล้วเนื้อเยื่อปะการังจะได้รับคาร์บอนอินทรีย์จากการบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีที่อาศัยอยู่ร่วมกับเนื้อเยื่อปะการังประมาณ 90% ของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดที่เนื้อเยื่อปะการังได้รับ และอีกประมาณ 10% จะได้รับมาจากแพลงก์ตอนสัตว์และคาร์บอนอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลบริเวณนั้น (Muscantine et al., 1989)

ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในกลุ่มปะการังแข็งพบว่าปะการังดอกไม้ (*Goniopora* sp.) มีค่าน้อยที่สุด และปะการังโขด (*P. lutea*) มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4-2 และภาพที่ 4-1) ซึ่งปะการังดอกไม้ (*Goniopora* sp.) มี $\delta^{13}\text{C}$ ใกล้เคียงกับปริมาณในแพลงก์ตอนสัตว์ และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลที่มีค่าประมาณ -19 ถึง -21‰ (Muscantine et al., 1989; Yamamuro et al., 1995) โดย Yamamuro et al. (1995) และ Levy et al. (2006) กล่าวว่าปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในปะการังแต่ละชนิดจะสัมพันธ์กับลักษณะโพลีและพฤติกรรมการจับแพลงก์ตอนสัตว์และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลกินเป็นอาหาร การที่ปะการังดอกไม้ (*Goniopora* sp.) เป็นปะการังที่มีโพลีขนาดใหญ่ ผนวของปะการังชนิดนี้ยังสามารถยืดยาวออกมาจับแพลงก์ตอนสัตว์และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลเป็นอาหารได้ดีกว่าปะการังโขด (*P. lutea*) ที่มีโพลีขนาดเล็ก สามารถจับแพลงก์ตอนสัตว์และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลเป็นอาหารได้น้อยกว่า สอดคล้องกับ Levy et al. (2006) ที่รายงานว่าปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังดอกไม้ (*G. lobata*) มีค่า -16.63‰ และ -13.86‰ ตามลำดับ ซึ่งน้อยที่สุดในกลุ่มปะการังแข็ง

ทั้งหมด 10 ชนิดที่ได้ทำการศึกษาในบริเวณอ่าว Aqaba ประเทศอิสราเอล อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Muscatine et al. (1989) พบว่าปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในปะการังถ้วยส้ม (*T. coccinea*) มีค่า -20.27% ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีค่า -18.90 ถึง -19.80% และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลมีค่า -18.40 ถึง -24.40% โดยปะการังชนิดนี้เป็นปะการังที่ไม่มีซูแซนเทลลีอาศัยอยู่ร่วมด้วยจึงไม่ได้รับคาร์บอนอินทรีย์จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลี ดังนั้นปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ของปะการังแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับกลไกการนำ CO_2 และ HCO_3^- ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลี (Titlyanov et al., 2008) ปริมาณคาร์บอนที่แพร่กระจายอยู่ในน้ำทะเล อัตราการได้รับคาร์บอน และความซับซ้อนของโครงสร้างโคโลนีปะการัง (Alamaru et al., 2009)

นอกจากนี้ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในหอยพัดปะการัง (*P. spondyloideum*) มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับปะการังแข็ง ปะการังอ่อน และดอกไม้ทะเล (ตารางที่ 4-2) โดยมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในแพลงก์ตอนสัตว์และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลที่มีค่าประมาณ -18 ถึง -20% เนื่องจากหอยชนิดนี้ใช้เหงือกในการกรองกินแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ หรือสารอินทรีย์แขวนลอยจากมวลน้ำ (Zuschin & Piller, 1997)

2. ปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ในปะการังแข็ง ปะการังอ่อน และดอกไม้ทะเล

ปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ในปะการังแข็งที่มีค่าอยู่ในช่วง 5.05 ถึง 7.76% ปะการังอ่อนมีค่าอยู่ในช่วง 5.26 ถึง 8.83% และดอกไม้ทะเลมีค่าอยู่ในช่วง 7.57 ถึง 8.26% (ตารางที่ 4-2) โดยปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ในสิ่งมีชีวิตที่กล่าวมาข้างต้นในช่วงฤดูฝนมีค่ามากกว่าช่วงฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ภาพที่ 4-4) แสดงให้เห็นว่าในช่วงฤดูฝนสิ่งมีชีวิตดังกล่าวได้รับไนโตรเจนอินทรีย์มาจากแหล่งอื่นนอกเหนือจากการได้รับมาจากซูแซนเทลลี (Dolenec et al., 2005) เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ที่มีปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ประมาณ 9% (Yamamuro et al., 1995) ซึ่ง Muscatine and Kaplan (1994) พบว่าปะการังถ้วยส้ม (*T. coccinea*) เป็นปะการังที่ไม่มีซูแซนเทลลีอาศัยอยู่ร่วมด้วยจะได้รับสารอินทรีย์แขวนลอย เช่น แพลงก์ตอนสัตว์และไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำเป็นอาหาร (Muscatine et al., 1989) โดยปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ปะการังถ้วยส้ม (*T. coccinea*) มีค่ามากกว่าปะการังโขด (*P. astreoides*) ที่ได้รับสารอินทรีย์มาจากซูแซนเทลลี (Rodrigues & Grottoli, 2006)

ปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ในปะการังแข็ง ปะการังอ่อน และดอกไม้ทะเล ในบริเวณเกาะสามปะย้อมีค่าใกล้เคียงกับปะการังดอกไม้ (*Goniopora* sp.) ในบริเวณเกาะ Ishigaki ประเทศญี่ปุ่น ที่มีค่าประมาณ 5% (Yamamuro et al., 1992) ปะการังโขด (*Porites* sp.) บริเวณแนวปะการังบริเวณหมู่เกาะ Palau ในมหาสมุทรแปซิฟิก ที่มีค่าประมาณ 4 ถึง 5% (Yamamuro et al., 1995) บริเวณ

เกาะ Zanzibar ประเทศแทนซาเนียที่มีค่าประมาณ 5 ถึง 8‰ (Heikoop et al., 1998) และเกาะ Sesoko ประเทศญี่ปุ่นที่มีค่าประมาณ 4 ถึง 6‰ (Titlyanov et al., 2008; 2010) และดอกไม้ทะเล (*A. sulcata*) ในทะเล Murter และ อ่าว Pirovac ประเทศโครเอเชียที่มีค่าประมาณ 4 ถึง 11‰ (Dolenec et al., 2005) โดยปะการังและดอกไม้ทะเลนั้นเป็นผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหาร ส่วนใหญ่จะมีปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ อยู่ในช่วง 5 ถึง 7‰ (Dolenec et al., 2005) ซึ่งซูแซนเทลลีจะดูดซึมไนโตรเจนอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนอินทรีย์ส่งถ่ายไปยังเนื้อเยื่อปะการัง (Muscatine & Kaplan, 1994; Tanaka et al., 2006) โดยไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำที่ซูแซนเทลลีได้รับส่วนใหญ่จะเป็นไนเตรทและแอมโมเนียมที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล โดยแอมโมเนียมส่วนหนึ่งเป็นแอมโมเนียมที่ถูกขับออกมาจากเนื้อเยื่อปะการัง นอกจากนี้ซูแซนเทลลียังได้รับไนเตรทและแอมโมเนียมจากแหล่งอื่น ๆ เช่น น้ำใต้ดิน กระบวนการไนตริฟิเคชันของแบคทีเรียในฟองน้ำ โครงสร้างปะการัง และปลาที่ว่ายน้ำเข้ามาในบริเวณชุมชนปะการัง (Muscatine & Kaplan, 1994)

อย่างไรก็ดีปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ในปะการังจะขึ้นอยู่กับความเข้มแสงและปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ที่ปะการังได้รับไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยปะการังในบริเวณที่มีความเข้มแสงสูงซูแซนเทลลีจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าในบริเวณที่มีความเข้มแสงต่ำกว่า เมื่อซูแซนเทลลีมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงจะส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีลดลง ดังนั้นอัตราการได้รับและดูดซึมไนโตรเจนอนินทรีย์ของซูแซนเทลลีและปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ที่ส่งถ่ายไปยังเนื้อเยื่อปะการังก็จะลดต่ำลงด้วย (Muscatine & Kaplan, 1994) นอกจากนี้ปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ในเนื้อเยื่อปะการังและซูแซนเทลลียังสัมพันธ์กับขนาดและอายุของปะการัง ความลึกของน้ำ และฤดูกาล (Dolenec et al., 2005)

3. สัดส่วน C/N ในปะการังแข็ง ปะการังอ่อน และดอกไม้ทะเล

สัดส่วน C/N ในปะการังแข็งมีค่าอยู่ในช่วง 5.32 ถึง 25.39 ปะการังอ่อนมีค่าอยู่ในช่วง 4.53 ถึง 25.16 และดอกไม้ทะเลมีค่าอยู่ในช่วง 4.07 ถึง 4.34 (ตารางที่ 4-2 และภาพที่ 4-5) และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลมีสัดส่วน C/N อยู่ในช่วง 0.81 ถึง 5.40 (ตารางที่ 4-3) ซึ่งการศึกษาของ Tanaka et al. (2006) พบว่าสัดส่วน C/N จะเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราเมตาบอลิซึมของคาร์บอนและไนโตรเจน โดยสัดส่วน C/N ของปะการังจะลดลงแบบทวีคูณ (Exponential) แสดงให้เห็นว่าเนื้อเยื่อปะการังและซูแซนเทลลีสามารถนำคาร์บอนอินทรีย์ไปใช้ได้ง่ายและรวดเร็วกว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยปะการังที่มีซูแซนเทลลีอาศัยอยู่ร่วมด้วยจะได้รับคาร์บอนอินทรีย์ปริมาณมากกว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

และการหายใจส่งผลให้มีสัดส่วน C/N มากกว่าปะการังที่ไม่มีชุมชนเทลลิอากซ์อยู่ร่วมด้วย นอกจากนี้ชุมชนเทลลิอากซ์จะนำไนเตรท (NO_3^-) จากน้ำทะเลไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วส่งถ่ายไนโตรเจนอินทรีย์ไปยังเนื้อเยื่อปะการังประมาณ 70% ของไนโตรเจนอินทรีย์ทั้งหมดที่ผลิตได้ ซึ่งเนื้อเยื่อปะการังนั้นจะมีสัดส่วน C/N ใกล้เคียงกับชุมชนเทลลิอากซ์ อย่างไรก็ตาม C/N ในเนื้อเยื่อและชุมชนเทลลิอากซ์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่เนื้อเยื่อปะการังนำมาใช้ประโยชน์มากกว่าไนโตรเจนอินทรีย์ซึ่งถูกนำออกมาใช้ประโยชน์น้อยมาก

แหล่งที่มาของสารอินทรีย์

ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ และสัดส่วน C/N ของปะการังแข็ง ปะการังอ่อน และดอกไม้ทะเลที่ได้ทำการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสารอินทรีย์จากแผ่นดินที่มีต่อชุมชนปะการัง โดยปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ และสัดส่วน C/N นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ (Swart et al., 1996) พบว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิตที่กล่าวมาข้างต้นส่วนใหญ่ในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ น้อยและปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ มากกว่าในช่วงฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ภาพที่ 4-1 และภาพที่ 4-4) ซึ่งปกติแล้วในฤดูแล้งน้ำทะเลบริเวณชุมชนปะการังของเกาะสัมปะย้อยจะมีความเค็ม 32 ส่วนในพันส่วน และมีปริมาณสารแขวนลอยต่ำ แต่เมื่อถึงฤดูฝนน้ำทะเลในบริเวณนี้จะได้รับอิทธิพลของน้ำจืดจากแผ่นดินส่งผลให้น้ำทะเลมีความเค็มลดลงเหลือเพียง 25 ส่วนในพันส่วน และมีปริมาณสารแขวนลอยสูง โดยน้ำจืดจะเป็นตัวพัดพาดินตะกอน สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์จากแผ่นดินลงสู่ทะเล ซึ่งดินตะกอนและสารแขวนลอยเหล่านี้ในน้ำทะเลจะเป็นตัวบดบังแสงแดดที่ส่องผ่านไปยังปะการัง ซึ่งจะทำให้ผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของชุมชนเทลลิอากซ์ลดลง และไม่เพียงพอต่อความต้องการของปะการัง (ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2545) นอกจากนี้ปะการังยังต้องใช้พลังงานจำนวนมากในการกำจัดตะกอนที่ตกทับถมลงบนแผ่นปะการัง ทั้งจากการพัดพาของหนวดและขน ตลอดจนการสร้างเมือกมาปกคลุมตัวเองเพื่อคัดตะกอน แล้วจึงขับแผ่นเมือกพร้อมตะกอนออกไป (Ritchie, 2006) เช่น ปะการังโขด (*P. lutea*) เป็นปะการังที่สามารถปรับตัวให้อยู่ในบริเวณที่มีตะกอนมากได้ดี มีกลไกในการกำจัดตะกอนโดยการผลิตเมือกออกมาตลอดเวลา (ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2545) โดยเมือกที่ปะการังผลิตออกมานี้จะใช้พลังงานส่วนที่ได้รับจากชุมชนเทลลิอากซ์และจากพลังงานที่เก็บสะสมในตัวสำหรับกิจกรรมอื่น ๆ (Wild et al., 2004; Naumann et al., 2010) ดังนั้นปะการังจึงต้องมีการปรับตัวโดยใช้ประโยชน์จากสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเล (Bergschneider & Muller-parker, 2008) เช่น แพลงก์ตอน รวมถึงสารอินทรีย์จากแผ่นดิน (Muscatine et al., 1989; Swart et al., 2005; Titlyanov et al., 2010)

ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในซูแซนเทลลีนั้นจะมีค่าน้อยลงตามปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในเนื้อเยื่อของปะการังในช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 4-2 ข) เนื่องจากคาร์บอนอินทรีย์ที่เนื้อเยื่อปะการังได้รับจากสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมจะถูกเปลี่ยนเป็น CO_2 โดย CO_2 ส่วนหนึ่งจะถูกซูแซนเทลลีนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Titlyanov et al., 2010; Muscatine et al., 1989)

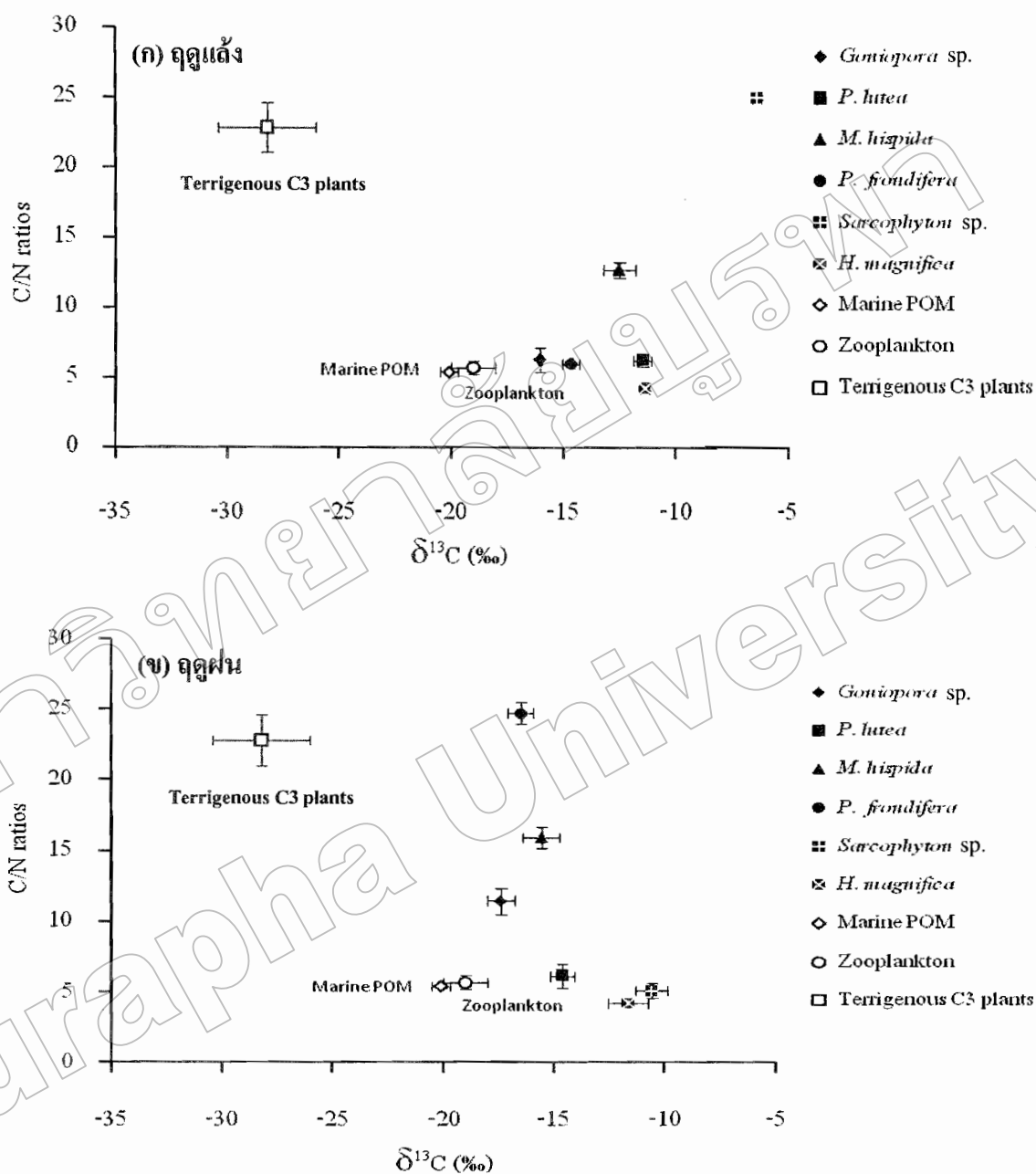
นอกจากนี้ Muscatine et al. (1989) พบว่าปะการังบริเวณน้ำตื้นจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าการหายใจ โดยปกติแล้ว CO_2 ที่ถูกซูแซนเทลลีนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงส่วนใหญ่จะได้รับมาจากเมตาบอลิซึมของเนื้อเยื่อปะการัง (CO_2met) แต่เมื่อ CO_2met ถูกใช้จนหมด ซูแซนเทลลีจึงจำเป็นต้องดึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสะสมไว้ภายในเนื้อเยื่อปะการัง (CO_2i) มาใช้ ซึ่ง CO_2i นี้ได้มาจากไบคาร์บอเนตที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล (HCO_3^-sw) โดยการแพร่เข้าสู่เนื้อเยื่อปะการังโดยตรง แล้วถูกนำมาเก็บสะสมไว้ภายในเนื้อเยื่อปะการัง (HCO_3^-i) และเมื่อ HCO_3^-i ถูกนำไปใช้จึงต้องดึง HCO_3^-sw เข้ามาชดเชย แต่ถ้า HCO_3^-i ที่เข้ามาชดเชยถูกจำกัดไว้ด้วยโครงสร้างที่สลับซับซ้อนของเซลล์เนื้อเยื่อด้านทานไว้ ได้แก่ Animal plasma membrane, Cytosol, Animal vacuolar membrane, Peritidal envelope, Plasmalemma, และ Chloroplast envelope จะส่งผลให้ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในปะการังมีค่าต่ำลง (ภาพที่ 2-3)

อย่างไรก็ตามปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในเนื้อเยื่อและซูแซนเทลลีของปะการังจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลี (Swart et al., 1996) ซึ่งซูแซนเทลลีที่มีกิจกรรมการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงจะส่งผลให้มีการตรึง ^{12}C เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของ ^{13}C ที่เป็นแหล่งคาร์บอนภายในตัวปะการังจะเพิ่มสูงขึ้นด้วย (Ahmad et al., 2010) ทั้งนี้ยังสัมพันธ์กับฤดูกาลและความลึกของน้ำ (Grottoli & Wellington, 1999) การหายใจของเนื้อเยื่อปะการังและซูแซนเทลลี (McConnaughey et al., 1997) การ upwelling ของมวลน้ำในบริเวณนั้น (Chakraborty, 1993) ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (Swart et al., 1996) พฤติกรรมการกินของปะการัง (Felis et al., 1998) และการวางไข่ของปะการังในแต่ละปี (Gagan et al., 1996)

สารอินทรีย์ในชุมชนปะการังบริเวณเกาะสัปปะย็อนนั้นมีแหล่งกำเนิดมาจากทะเลและแผ่นดิน โดยสารอินทรีย์เหล่านี้จะมีการแพร่กระจาย หมุนเวียน และเกิดการเปลี่ยนรูปโดยกระบวนการทางกายภาพและชีวภาพ (มนูดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2546; Boonphakdee et al., 2008) สำหรับการประเมินแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในชุมชนปะการังสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ และสัดส่วน C/N ซึ่งพบว่าในช่วงฤดูแล้งปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในปะการังแข็ง ปะการังอ่อน และดอกไม้ทะเลมีค่าอยู่ในช่วง -6.18 ถึง -16.08‰ มากกว่าปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ในแพลงก์ตอนสัตว์ที่มี

ค่าประมาณ -19‰ (Yamamuro et al., 1995) และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลที่มีค่าประมาณ -20‰ (Kumamoto & Minagawa, 2001; Meksumpun & Meksumpun, 2002; Meksumpun et al., 2005; Boonphakdee et al., 2008) ขณะที่สัดส่วน C/N ของปะการังแข็ง (ปะการังดอกไม้ *Goniopora* sp., ปะการังโศด *P. lutea*, ปะการังลายดอกไม้ *P. frondifera*) และดอกไม้ทะเล (*H. magnifica*) มีค่าอยู่ในช่วง 4.09 ถึง 7.05 ใกล้เคียงกับแพลงก์ตอนสัตว์และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลที่มีค่าประมาณ 6 (Yamada & Ikeda, 2004; Kumamoto & Minagawa, 2001; Boonphakdee et al., 2008) ส่วนปะการังอ่อน (*Sarcophyton* sp.) มีค่าอยู่ในช่วง 24.79 ถึง 25.16 ซึ่งใกล้เคียงกับสารอินทรีย์จากแผ่นดินที่มีค่าประมาณ 22 (Kumamoto & Minagawa, 2001; Boonphakdee et al., 2008) (ภาพที่ 5-1 ก) แสดงให้เห็นว่าในฤดูแล้งเนื้อเยื่อของปะการังแข็ง ปะการังอ่อน และดอกไม้ทะเลต่างก็ได้รับสารอินทรีย์ส่วนใหญ่มาจากระบบการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีที่อาศัยอยู่ร่วมกับเนื้อเยื่อของปะการังเอง โดยจะได้รับสารอินทรีย์จากแหล่งอื่นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นหรือแทบจะไม่ได้เลย

สำหรับฤดูฝนปะการังอ่อน (*Sarcophyton* sp.) และดอกไม้ทะเล (*H. magnifica*) มีปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ อยู่ในช่วง -9.86 ถึง -12.54‰ และมีสัดส่วน C/N อยู่ในช่วง 4.07 ถึง 5.51 ขณะที่ปะการังแข็งมีปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ อยู่ในช่วง -14.89 ถึง -18.06‰ และมีสัดส่วน C/N อยู่ในช่วง 10.80 ถึง 25.39 โดยเฉพาะปะการังดอกไม้ (*Goniopora* sp.) ปะการังช่องเล็กแบบแผ่น (*M. hispida*) และปะการังลายดอกไม้ (*P. frondifera*) มีแนวโน้มของปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ใกล้เคียงกับแพลงก์ตอนสัตว์ สารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเล และมีแนวโน้มของสัดส่วน C/N ใกล้เคียงกับสารอินทรีย์จากแผ่นดินมากขึ้น (ภาพที่ 5-1 ข) แสดงให้เห็นว่าเนื้อเยื่อปะการังแข็งทั้งสามชนิดนี้ไม่ได้รับคาร์บอนอินทรีย์มาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของซูแซนเทลลีเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่จะได้รับสารอินทรีย์จากแหล่งอื่นด้วย ซึ่งสารอินทรีย์ที่ปะการังได้รับนั้นมีส่วนประกอบของแพลงก์ตอนสัตว์ สารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเล และสารอินทรีย์จากแผ่นดิน โดยมีปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ อยู่ในช่วง -15 ถึง -18‰ และมีสัดส่วน C/N อยู่ในช่วง 11 ถึง 24 (Yamamuro et al., 1995; Muscatine et al., 1989; Kumamoto & Minagawa, 2001; Meksumpun & Meksumpun, 2002; Meksumpun et al., 2005; Swart et al., 2005; Boonphakdee et al., 2008)



ภาพที่ 5-1 ปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ และสัดส่วน C/N ในปะการังแข็ง (ปะการังดอกไม้ *Goniopora* sp.; ปะการังโขด *P. lutea*; ปะการังช่องเล็กแบบแผ่น *M. hispida*; ปะการังลายดอกไม้ *P. frondifera*) ปะการังอ่อน (*Sarcophyton* sp.) ดอกไม้ทะเล (*H. magnifica*) สารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเล แพลงก์ตอนสัตว์ และสารอินทรีย์จากแผ่นดิน บริเวณชุมชนปะการังของเกาะสัมปะชัยใน (ก) อ่าวตังและ (ข) อ่าวคัน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ และ $\delta^{15}\text{N}$ ในเนื้อเยื่อปะการังและชุมชนเทลลีบริเวณชุมชนปะการังของเกาะสัมปะยื้อ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

สิ่งมีชีวิตในชุมชนปะการังของเกาะสัมปะยื้อได้รับสารอินทรีย์จากแผ่นดิน โดยปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ของเนื้อเยื่อและชุมชนเทลลีในตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเดียวกันมีค่าแตกต่างกันในช่วงฤดูฝน และปริมาณ $\delta^{13}\text{C}$ ของสิ่งมีชีวิตในช่วงฤดูฝนมีค่าน้อยกว่าในฤดูแล้ง ขณะที่ปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ ในช่วงฤดูฝนมีค่ามากกว่าในฤดูแล้ง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในปริมาณ $\delta^{15}\text{N}$ และสัดส่วน C/N ในเนื้อเยื่อและชุมชนเทลลีของตัวอย่างปะการังแข็ง ปะการังอ่อน และดอกไม้ทะเล เพื่อประเมินแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในชุมชนปะการังได้ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น
2. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในปะการังชนิดอื่น รวมถึงปะการังที่ไม่มีชุมชนเทลลีอาศัยอยู่ร่วมด้วย
3. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น โดยเฉพาะสัตว์กรองกินสารอินทรีย์และสัตว์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ช้า เช่น หอย และหาก รวมถึงศึกษาในดินตะกอนบริเวณชุมชนปะการังและบริเวณใกล้เคียง