หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 4

วิจารณ์ผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองโดยใช้อุณหภูมิต่าง ๆ ในการเลี้ยงแพลงตอนพืช ทั้งในลักษณะของ uni-species culture และ polyspecies culture ปรากฏว่าอุณหภูมิที่เจริญดีที่สุดคือที่ 23°ซ ซึ่งสัมพันธ์กับผลที่ Allen & Nelson(1910) ได้กล่าวไว้ว่าอุณหภูมิที่พอเหมาะของแพลงตอนพืชส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้รวดเร็วอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 15–20°ซ และแพลงตอนพืชพวกไดอะตอมจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ 17°ซ แต่เนื่องจากการทดลองชุดนี้ทำการทดลองในอุณหภูมิต่ำสุดเพียง 23°ซ เท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นอุณหภูมิที่ดีที่สุดที่จะให้การเจริญเติบโต

ในกรณีของ Chaetoceros calcitrans นั้น แม้ว่าอุณหภูมิสูงถึง 37°ซ ก็จะเจริญเติบโตได้ แต่ไม่สู้ดีนัก Thomas (1966) ศึกษาได้ว่า ใน Chaetoceros sp. พวกที่มีขนาดเล็กนั้น อุณหภูมิที่พอเหมาะคือ 28°ซ–37°ซ ส่วน Lewin & Mackas (1972) ยืนยันผลเช่นเดียวกันคือ Chaetoceros armatum จะเป็นพวกหนอุณหภูมิได้กว้าง แต่มีอุณหภูมิพอเหมาะคือ 20°ซ ในขณะที่ใช้ความเข้มแสง 3,000 ลักส์

Chlamydomonas sp. ที่ได้จากการทดลองนี้ ก็มีอุณหภูมิที่เจริญเติบโตดีที่สุดที่ทดลองคือ 23°ซ งานของ McCombie (1960) ซึ่งทำกับ genus เดียวกัน ได้อุณหภูมิพอเหมาะเป็นสองค่า คือ 18°ซ และ 28°ซ เมื่อใช้เลี้ยงในความเข้มข้นของสารอาหารแตกต่างกัน

สำหรับ Chlorella spp. อุณหภูมิที่เจริญได้ดีที่สุดจากการทดลองนี้ของทั้ง 2 species คือ 23°ซ แต่จากผลงานของ Sorokin & Krauss (1961) ศึกษากับ Chlorella pyrenoidosa ปรากฏว่าที่ความเข้มแสงแตกต่างกันไป จะมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันไป โดยต้องการความเข้มแสงสูงมากกว่า I saturation เขาได้ค่า I half saturation มีค่าถึง 15,000 ลักส์ Winokur (1948) ใช้ความเข้มแสงสูงถึง 40,000 ลักส์ จะทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าเมื่อใช้ความเข้มแสง 14,000 ลักส์ โดยได้ทำการทดลองกับ 8 species ด้วยกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกรณีของงานวิจัยนี้ Chlorella ทั้ง 2 species มีอัตราการเจริญไม่สู้สูงนัก เพราะแสงสว่างเป็น limiting factor ก็ได้ ในขณะเดียวกัน Fogg (1966) ได้แสดงว่า

Chlorella spp. นั้น มีอุณหภูมิพอเหมาะที่ 20–25° ซ แต่สำหรับชนิดที่ชอบอยู่ในอุณหภูมิสูง (thermophilic strain) แล้ว จะได้ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม 39° ซ แต่เขาได้อ้างไว้ว่า อุณหภูมิพอเหมาะจะแปรเปลี่ยนไปตามความเข้มแสง และปริมาณสารอาหารด้วย

Platymonas sp. อุณหภูมิที่เจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ทดลองคือ 23° ซ ซึ่งผลของอุณหภูมิที่เจริญดีที่สุดจากการทดลองสอดคล้องกับผลงานของ Maddux & Jones (1964) คืออุณหภูมิพอเหมาะที่ 22.5° ซ ที่ 860 ลักส์ ขณะที่มีปริมาณสารอาหารเจือจาง และที่ความเข้มแสง 3,083 ลักส์ มีสารอาหารเข้มข้น เมื่อใช้ช่วงเวลาที่ได้รับแสงสว่างเช่นเดียวกับการทดลองนี้คือช่วง**สว่าง** 14 ชั่วโมง มืด 10 ชั่วโมง ซึ่ง Maddux & Jones ยืนยันว่าเป็นช่วงแสงสว่างที่เหมาะสมสำหรับ Platymonas sp. ส่วนอุณหภูมิวิกฤติจากการทดลองค่อนข้างต่ำคือ 37° ซ ซึ่ง Eppley, et al (1969) และ Thomas & Dodson (1974) กล่าวว่าที่อุณหภูมิซึ่งไม่สูงนัก เมื่อทำให้การแบ่งเซลล์น้อย อาจเป็นเพราะมีการใช้สารอาหารมากกว่าปกติ ทำให้สารอาหารหมดก็ได้

ที่ระดับอุณหภูมิสูงบาง species จะไม่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์ แต่จะมีการขยายขนาดของเซลล์มากกว่าอุณหภูมิ 23° ซ เช่น Chaetoceros calcitrans ขนาดจะใหญ่ขึ้นเท่าตัวที่ 37° ซ ส่วน Chlorella sp.2 จะขยายขนาดจากเดิม 2–3 เท่า ที่อุณหภูมิ 34° ซ–40° ซ ส่วน Chlorella sp.1 ก็จะขยายขนาดประมาณเท่าตัวที่ 28° ซ–31° ซ แต่ Platymonas sp. และ Chlamydomonas sp. ไม่สามารถเห็นการขยายขนาด การที่ไม่เพิ่มจำนวนเซลล์อาจเนื่องมาจากมีแต่ขบวนการดูดสารอาหารเข้าไปใช้ในการสังเคราะห์แสง แต่เนื่องจากสภาพต่าง ๆ ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ทำให้ไม่สามารถแบ่งเซลล์ได้

จากการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ของ Chaetoceros calcitrans การเพิ่มและลดของคลอโรฟิลล์เอ สัมพันธ์กับการเพิ่มและลดของเซลล์ แต่ที่อุณหภูมิ 43° ซ และ 45° ซ นั้น เมื่อจำนวนเซลล์ลดลงจน เป็น ศูนย์ แต่ยังมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บ้างเล็กน้อย ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของ Chlamydomonas sp. ให้ผลในทำนองเดียวกับของ Chaetoceros calcitrans และเช่นกันที่ 43° ซ และ 45° ซ แม้จะนับเซลล์ได้ศูนย์ แต่วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ สำหรับ Chlorella spp. และ Platymonas sp. ก็ให้ผลของปริมาณคลอโรฟิลล์สอดคล้องกันกับการเพิ่มของปริมาณเซลล์เช่นกัน

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ของ Chlorella sp.1 และ Platymonas sp. ผลที่ได้สอดคล้องกับการนับจำนวนเซลล์ แต่ค่าที่วัดได้ต่ำกว่า species อื่น ๆ มาก อาจเป็นเพราะมีการไม่ละลายของคลอโรฟิลล์จากเซลล์ ซึ่งคงเป็นเพราะการสะกัดไม่หมด หรือมีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เอ ไปเป็น phaeophytin หรือ chlorophyllide ทำให้ปริมาณที่วัดได้ลดน้อย ดังเช่นที่ Lawrenzen (1967), Strickland & Parson (1968) ได้เคยอ้างไว้ หรือเนื่องจากใน media มีปริมาณแอมโมเนียและฟอสเฟตในปริมาณไม่พอเหมาะสำหรับ 2 species นี้ ซึ่งปริมาณของสารสองอย่างมีผลต่อการสร้างคลอโรฟิลล์เอ (Vince & Valiela, 1973) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อจำนวนเซลล์เป็นศูนย์ ก็ยังสามารถวัดคลอโรฟิลล์เอได้เล็กน้อย ซึ่งคงเป็นเพราะคลอโรฟิลล์เอ ยังสลายตัวไม่หมดเมื่อเซลล์แตกเนื่องจากอุณหภูมิสูง นอกจากนี้ คลอโรฟิลล์เอ จะมีปริมาณมากน้อยยังขึ้นกับช่วงเวลาที่ได้แสงสว่างด้วย (Paasche, 1968) ซึ่งการทดลองนี้ใช้เวลาให้แสงมากกว่าสภาพธรรมชาติเล็กน้อย ดังนั้นผลการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์เอ ก็จะใช้ในการติดตามดูผลการเจริญเติบโตได้ แม้จะไม่ดีเท่ากับการนับจำนวนเซลล์ก็ตาม เพราะการนับจำนวนเซลล์นั้นจะนับเฉพาะเซลล์ที่มีชีวิตเท่านั้น

ผลการทดลองเลี้ยงแพลงตอนแบบ polyspecies culture นั้น การเจริญเติบโตโดยนับปริมาณเซลล์นั้น ที่ 23° ซ จะมีการเจริญเติบโตดีที่สุดกว่าอุณหภูมิอื่น ๆ ที่ทดลอง โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์ของ Chaetoceros calcitrans; Platymonas sp.; Chlorella sp.1 และ Chlamydomonas sp. มีอัตราการเพิ่มสัมพันธ์กับเลี้ยงแบบ unispecies species ส่วน Chlorella sp.2 จะเพิ่มจำนวนช้ากว่าเลี้ยงแบบ unispecies culture ที่อุณหภูมิ 28° ซ ก็ได้ผลทำนองเดียวกัน แต่ที่ 31° ซ และ 34° ซ การเจริญแตกต่างจาก unispecies culture คือ Chlamydomonas sp. และ Platymonas sp. จะมีการเจริญเติบโตได้ชั่วระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น แล้วลดปริมาณเซลล์ลงค่อนข้างเร็ว ซึ่งอาจเนื่องจากการแก่งแย่งพวกสารอาหารที่สำคัญ ทั้งที่ใน unispecies culture อุณหภูมินี้จะเจริญได้ตามปกติจนครบ 10 วันที่ทำการทดลอง

สำหรับที่อุณหภูมิ 37° ซ, 40° ซ, 43° ซ และ 45° ซ ผลที่ได้เป็นไปทำนองเดียวกับ unispecies culture สรุปว่า ผลของอุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อการเจริญของแพลงตอนพืชใน

polyspecies culture ให้แตกต่างไปจากเมื่อเลี้ยงแบบ unispecies culture ดังนั้น จึงเป็นที่คาดหมายว่าใน polyspecies culture นั้น ผลที่ให้การเจริญของแต่ละ species ค่อนข้างเลวลงกว่า unispecies culture แต่อย่างไรก็ตาม ดังได้กล่าวแล้วว่าเป็นการทำงานร่วมกันของปัจจัยของอุณหภูมิกับการเพิ่มค่า Ks หรือมีการปล่อยสารบางอย่างออกมาจาก species ต่าง ๆ (ectocrine) ทำให้มีการห้ามการเจริญเติบโตกันได้ สำหรับผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิต่อการอยู่รวมกันของแพลงตอนพืชทะเลทั้ง 5 species นั้น กล่าวได้ว่าเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนความมากน้อยของแพลงตอนแต่ละชนิดจะเปลี่ยนไป ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับงานของ Carpenter (1973) ที่ทำกับแพลงตอนพืชจากทะเลโดยทำในบ่อขนาดเล็ก ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงได้

ในการพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของแพลงตอนพืชทะเลนั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลาย ๆ อย่างควบคู่กันไป อุณหภูมิพอเหมาะจะแปรเปลี่ยนตามความเข้มแสงด้วย (Thomas, 1966 ; Maddux & Jones, 1964 ; McCombie, 1960 ; Blackman, 1905; Sorokin & Krauss, 1959 ; 1961 ; Sorokin,1960 ; Thomas, et al, 1973 ; Thomas, 1966 และ Jitts, et al,1964) ถ้ามีความเข้มแสงแตกต่างกัน อุณหภูมิพอเหมาะจะเปลี่ยนแปลงแตกต่างไปด้วย ปัจจัยทั้งสองจะมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลเกี่ยวพันกันในการควบคุมการเจริญเติบโต ขบวนการการแบ่งเซลล์ตลอดจนการสะสม (accumulation) สารประกอบในเซลล์ ด้วยเหตุนี้เอง สาเหตุของการจำกัดการเจริญเติบโตของแพลงตอนพืชที่เลี้ยงไว้มาก ๆ นั้น อาจเนื่องมาจากสภาวะไม่เหมาะสม เช่นความเข้มแสงสูงเกินไปต่อความเหมาะสมในการแบ่งเซลล์ หรือต่ำเกินไปเนื่องจากปริมาณเซลล์มีมาก ทำให้เกิดปัญหาการบังแสง (shading) ขึ้นได้ แต่สำหรับงานทดลองนี้ได้แก้ไขปัญหานี้แล้วด้วยการให้ฟองอากาศเพื่อทำให้เซลล์มีการหมุนเวียนและกระจายกันขึ้นมารับแสงโดยทั่วถึง และยังช่วยให้เจริญได้ดีด้วย (Winokur, 1949 ; Guillard,1961)

แต่การทดลองนี้อาจใช้ความเข้มแสงต่ำไปสำหรับบาง species ก็ได้ นอกจากนี้อุณหภูมิยังทำงานร่วมกับช่วงเวลาที่ได้รับแสงด้วย (Foy, et al, 1976; Castenholz,1964) แต่อย่างไรก็ตาม การทดลองที่ทำนี้ได้เลือกช่วงเวลาได้รับแสงให้ใกล้เคียงธรรมชาติ ซึ่งจะได้เหมาะในการประยุกต์เอาผลไปใช้เปรียบเทียบกับสภาวะในธรรมชาติจริง ๆ และประการสุดท้ายคือ อุณหภูมิยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยอีกอย่างหนึ่งคือ อัตราเร็วของการดูดซึมสารอาหารจะเห็น

ได้จากผลการทดลองของ Chlorella sp.2 ที่ 28°ซ ในระยะแรก มีการเจริญเติบโตดีกว่า 31°ซ แต่พอถึงระยะหนึ่ง การเจริญจะลดลง ซึ่งน่าจะสันนิษฐานว่า เนื่องจาก K_s สูง ทำให้ใช้สารอาหารลดอย่างรวดเร็วจนเหลือน้อย ทำให้ระยะหลังเจริญไม่ดีก็ได้ ส่วน Chlorella sp.1 ก็เช่นกัน ที่ 31°ซ จะมีการเจริญดีในระยะแรกกว่าที่ 28°ซ

จากปัจจัยต่าง ๆ ที่ยกตัวอย่างมา ชี้ให้เห็นได้ว่า ในการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของแพลงตอนพืชนั้นมีความซับซ้อนมาก แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับผลการวิจัยนี้ เมื่อให้สภาวะแวดล้อมอื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลองคงที่ และเปลี่ยนแปลงเฉพาะปัจจัยของอุณหภูมิ ก็ปรากฏผลเป็นที่แน่ชัดว่า การเพิ่มระดับอุณหภูมิจะมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของ unispecies culture และมีผลกระทบต่อการอยู่รวมกันของ polyspecies culture

ข้อเสนอแนะ

1) เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้เพาะเลี้ยงที่ช่วงอุณหภูมิ 23–45°ซ ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลบริเวณอ่าวไผ่ที่ได้รวบรวมมาในปี พ.ศ. 2519–2520 ปรากฏว่ามีค่าต่ำสุดเพียง 27.42°ซ เท่านั้น ดังนั้นเพื่อที่จะให้เป็นข้อมูลทางนิเวศน์วิทยาที่สมบูรณ์จึงควรมีการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 23°ซ เพื่อจะหาอุณหภูมิพอเหมาะ (optimum temperature) ของแพลงตอนพืชทะเลทั้ง 5 species

2) งานวิจัยนี้อาจจะนำไปประยุกต์ได้คือ ถ้าจะมีการสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณูที่ประเทศไทยแล้ว ไม่ควรจะให้อุณหภูมิของน้ำทะเลนั้นสูงถึง 37°ซ เพราะจะเป็นอุณหภูมิที่ค่อนข้างวิกฤติต่อผลผลิตปฐมภูมิ

3) วิธีการทดลองอาจปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อีก สำหรับการทดลองกับ polyspecies culture นั้น ควรใช้วิธีเดียวกันกับของ Carpenter (1973) คือแทนการใช้เพาะเลี้ยงใน flask อาจเปลี่ยนไปทำการทดลองในบ่อพลาสติคขนาดเล็กแทน และวัสดุที่ได้ก็ใช้แบบเดียวกับของ Carpenter คือ ใช้น้ำทะเลที่มีแพลงตอนพืชทะเลอยู่โดยธรรมชาติ มาทดลองเพิ่มระดับอุณหภูมิ จำทำให้ได้ผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิต่อการอยู่รวมกันของแพลงตอนพืชในแบบที่คล้ายในธรรมชาติมากกว่า

4) ปัจจัยที่น่าทำการทดลองเพิ่มเติมคือ สารอาหาร(nutrient) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แล้วการเจริญเติบโตลดลง แต่เซลล์ของแพลงตอนพืชไม่แตกนั้น ถ้าเติมสารอาหารลงไปอาจทำให้การเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงได้

5) ในการนำผลการทดลองนี้ไปใช้ประยุกต์ในธรรมชาตินั้น ควรคำนึงถึงด้วยว่าอุณหภูมิของน้ำทะเลในช่วงเวลาที่มีการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว (bloom) นั้น อาจจะต่ำกว่าอุณหภูมิพอเหมาะในห้องปฏิบัติการที่ทำให้แบ่งเซลล์สูงสุดใน Bath culture ก็ได้ (Braarud, 1961)