หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในน้ำเค็มและน้ำกร่อย สำหรับสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นของทะเล (primary producer) ซึ่งได้แก่แพลงตอนพืช (phytoplankton) ก็มีอิทธิพลของอุณหภูมิมาเกี่ยวข้องต่อการดำรงชีวิต

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งอย่างหนึ่งสำหรับแพลงตอนพืช อุณหภูมิพอเหมาะที่เจริญเติบโตได้รวดเร็วมักอยู่ระหว่าง 15–20° ซ แต่อย่างไรก็ตามมีไดอะตอมหลายชนิดสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 35–40° ซ (สุนีย์, 2514; Allen & Nelson, 1910) ความสามารถของแพลงตอนพืชที่จะทนต่อช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมินั้น จะเกี่ยวข้องกับปฏิกริยาทางชีวเคมีภายในเซลล์ และความอยู่ตัวของเอนไซม์ โดยทั่วไปปฏิกริยาทางชีวเคมีในอุณหภูมิสูงจะเป็นไปได้อย่างรวดเร็วกว่าในอุณหภูมิต่ำ แต่ทั้งนี้จะต้องอยู่ไม่สูงเกินขอบเขตที่เอนไซม์จะสลายตัว ดังนั้น จึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าการสร้างเนื้อเยื่อหรือส่วนประกอบของเซลล์พืชจะกระทำได้ในอุณหภูมิสูงในอัตราเร็วกว่าในอุณหภูมิต่ำ (Oström, 1966) นอกจากนี้ Blackman (1905) กล่าวว่าอุณหภูมิจะควบคุมอัตราเร็วสูงสุดและต่ำสุดของ metabolism ดังนั้น อุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโต Blackman ยังเสนอว่า โดยการนับจำนวนเซลล์ (cell count method) ให้มุ่งสนใจในระยะ exponential phase เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง metabolic product ไปเป็นเซลล์ใหม่ในระยะนี้ แต่ใน phase อื่น ๆ แล้ว ถ้ามีผลผลิตอาหารเหลือใช้แล้ว แพลงตอนพืชจะเก็บไว้ในรูปอาหารสะสม (storage food)

แพลงตอนพืชที่สามารถเลี้ยงได้ในห้องทดลองที่อุณหภูมิสูงแสดงให้เห็นว่าเป็นชนิดที่จะพบได้ในเขตร้อน (tropical) เนื่องจากชนิดที่อยู่ได้เฉพาะในเขตหนาวจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงมาอยู่ในอุณหภูมิที่สูงได้ แม้ว่าจะเลี้ยงไว้ในห้องทดลองเป็นเวลานานเท่าใดก็ตาม (Braarud, 1961; Foy, et all, 1976)

อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิไม่ได้เป็นปัจจัยควบคุมการเจริญเติบโตปัจจัยเดียว แต่จะมีอิทธิพลร่วมกันกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความเข้มแสง, ความเข้มข้นของสารอาหาร (nutrient) และรวมไปถึงช่วงเวลาที่ได้รับแสง (photoperiod) ด้วย (Jitts, et al; 1964 ; McCombie, 1960 ; Paasche, 1968 ; Riley, 1939 ; และ Riley von Arx, 1949)

ปัจจัยของอุณหภูมิร่วมกับความเข้มแสงนั้น Sorokin & Krauss (1961) ได้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความเข้มแสงที่มีผลต่อการสะสมสารภายในเซลล์ในการเพาะเลี้ยง Chlorella pyrenoidosa ชนิดที่ชอบอุณหภูมิสูง (thermophilic strain) โดยเฉพาะเลี้ยงแบบ synchronized culture พบว่าถ้าอุณหภูมิสูงเลยจุดพอเหมาะคือ 39 °ซ ไป ถ้ายิ่งเพิ่มค่าความเข้มแสงจะยิ่งทำให้การเจริญเติบโตลดลง นอกจากนี้อัตราการแบ่งเซลล์ของแพลงตอนพืชทะเลนั้น มีอิทธิพลมาจากปัจจัยทั้งสองอย่างร่วมกัน โดยผลของอุณหภูมิต่อการแบ่งเซลล์จะมีความรุนแรงมากในขณะที่ใช้ความเข้มแสงและอุณหภูมิสูงเกินขีดจำกัดพร้อม ๆ กัน แม้ขณะนั้นจะไม่จำกัดปริมาณแก๊สแร่ก็ตาม (Jitts, et al, 1964) ในทำนองเดียวกันสำหรับ dinoflagellates Gymnodinium splendens อุณหภูมิและความเข้มแสงมีอิทธิพลร่วมกัน คืออุณหภูมิพอเหมาะที่ 20–27 °ซ และเมื่อใช้ความเข้มแสงสูงแม้จะใช้อุณหภูมิพอเหมาะก็ตามก็จะมีการลดอัตราการเจริญเติบโต และถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิพอเหมาะ (optimum temperature) แล้ว ไม่ว่าจะใช้ความเข้มแสงเท่าใดก็ตาม ก็จะมีการลดอัตราการเจริญเติบโตลงแสดงว่าอุณหภูมิมีความสำคัญมากกว่าความเข้มแสง (Thomas, et al, 1973) มีงานที่ทดลองกับ Chlamydomonas reinhadii ซึ่งทนได้ในช่วงอุณหภูมิ 6–35 °ซ และอุณหภูมิพอเหมาะของแพลงตอนพืชนี้คือ 28 °ซ เมื่อความเข้มแสง 1500 ลักส์ แต่เมื่อเปลี่ยนความเข้มแสงเป็น 750, 1,100 และ 2,000 ลักส์ ซึ่งปรากฏว่า ช่วงอุณหภูมิที่มันมีชีวิตอยู่ได้และอุณหภูมิพอเหมาะไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าในกรณีนี้แสงไม่เป็น limiting factor สำหรับ C. reinhardii แต่พบว่าถ้าเพิ่มปริมาณสารอาหารให้มีความเข้มข้นเป็นสองเท่าจากเดิม ช่วงอุณหภูมิที่ C. reinhardii เจริญได้จะสั้นเข้าคือ ตั้งแต่ 12–30 °ซ และอุณหภูมิพอเหมาะก็ลดลงเป็น 18 °ซ ด้วย ดังนั้นอุณหภูมิพอเหมาะของ C. reinhardii จะขึ้นกับความเข้มข้นของสารอาหาร (McCombie, 1960) จากผลงานของ Thomas. (1966) ทดลองกับ Chaetoceros sp. ที่มีขนาดเล็ก เมื่อให้ความเข้มแสงอิ่มตัว (light saturation) คือ 6,000 ลักส์ อุณหภูมิพอเหมาะคือ 23–27 °ซ มีอุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้ที่ 41 °ซ ต่ำสุด 11 °ซ เมื่อใช้ความเข้มแสงแตกต่างกันแล้ว ค่าอุณหภูมิพอเหมาะก็จะแตกต่างไปด้วย ความเข้มแสง 14,000

และ 4,500 ลักส์ อุณหภูมิพอเหมาะเปลี่ยนเป็น 29 และ 33 °ซ ตามลำดับ การทดลองทำนองเดียวกันกับ Chaetoceros armatum ได้กล่าวว่าเป็นพวกที่ทนอุณหภูมิได้กว้าง (eurythermal) และจะเจริญได้ในความเข้มแสงต่ำเพียง 750 ลักส์ และสูงถึง 1.6×10^5 ลักส์ แต่อัตราการเจริญเติบโตจะไม่เท่ากัน แม้จะมีสารอาหารในปริมาณเท่า ๆ กัน (Lewin & Mackas, 1972)

อิทธิพลของอุณหภูมิร่วมกับช่วงเวลาที่ได้รับแสง (photoperiod) เมื่อช่วงเวลาที่ได้รับแสงแตกต่างกัน จะทำให้อุณหภูมิพอเหมาะเปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือช่วงเวลาที่ได้รับแสงค่าหนึ่งก็จะมีอุณหภูมิและความเข้มแสงพอเหมาะค่าหนึ่ง (Foy, 1976) ซึ่งการมีช่วงแสงสว่างและช่วงมืดเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของแพลงตอนพืช เนื่องจากในช่วงมืดนั้น จะมี metabolism เกิดขึ้นด้วย และในสภาพให้แสงสว่างตลอด 24 ชั่วโมง จะบังคับให้แพลงตอนพืชสังเคราะห์แสงตลอดเวลาเกินความจำเป็นของมัน (Castenholz, 1964 ; Eppley, 1971) และแพลงตอนพืช 2 species ที่ Paasche (1968) ทำการศึกษาพบว่าการเจริญจะเป็นได้ดีเมื่อใช้ช่วงสว่างและมืด (L-D cycle) กว่าเมื่อให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นอุณหภูมิเท่าไรจึงเหมาะสมก็ขึ้นกับช่วงเวลาที่ได้รับแสงและความเข้มแสงที่ใช้ด้วย

นอกจากปฏิกริยาร่วมกันของอุณหภูมิกับความเข้มแสง และกับช่วงเวลาที่ได้รับแสง (photoperiod) แล้ว อุณหภูมิและแสงสว่างยังมีผลต่อค่า Half saturation constants (K_s) จะเป็นการวัดถึงความต้องการแร่ธาตุที่สำคัญ (limiting nutrient) ซึ่งอิทธิพลที่อยู่เหนือปัจจัยของอุณหภูมิอีกที่คือ ความแตกต่างของ K_s ในการดูด (uptake) ไนเตรต เมื่อเพิ่มอุณหภูมิแล้ว ค่า K_s สำหรับดูดซึมสูงขึ้น ผลเสียก็จะตามมาคือแพลงตอนพืชชนิดใดชนิดหนึ่งไม่อาจดูดซึมสารอาหารได้เร็วพอกับความต้องการของเซลล์ (คือดูดได้ช้าลง) เนื่องจากสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำธรรมชาติมีความเข้มข้นต่ำ ตัวอย่างเช่น ค่า K_s ของ Skeletonema costatum; Dunaliella sp. และ Gymnodinium splendens จะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Eppley, et al, 1969 ; Thomas & Dodson, 1974) คือ K_s ของ Skeletonema costatum มีค่า 0.0, 0.5 และ 1.0 µm ที่อุณหภูมิ 8, 18 และ 28 °ซ และส่วน K_s ของ Dunaliella sp. มีค่า 0.28, 0.95 µm ที่อุณหภูมิ 15 และ 25 °ซ และ G. splendens มีค่า K_s เป็น 1.02, 6.55 µm ที่อุณหภูมิ 18 และ 25 °ซ ตามลำดับ

นอกจากนี้ อุณหภูมิพอเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตยังขึ้นกับปริมาณของสารอาหารบางตัว เช่นที่ Maddux & Jones (1964) ศึกษากับ Nitzschia closterium และ Tetraselmis sp. (ซึ่งความจริงชนิดหลังนี้ Butcher (1959) กล่าวว่า เป็น synonynym กับ Platymonas sp.) ใน continuous culture ได้ผลว่าอุณหภูมิพอเหมาะจะต่ำเมื่อ media มีไนเตรตและฟอสเฟตต่ำเท่าในธรรมชาติ เมื่อเทียบกับ media ที่มีสารดังกล่าวในปริมาณสูงแล้ว ค่าอุณหภูมิพอเหมาะก็จะสูงขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้เมื่อให้ความเข้มของไนเตรตและฟอสเฟตต่ำคือ 89:0.42 ไมโครกรัมอะตอม/ลิตร จะทำให้ความเข้มแสงพอเหมาะ มีค่าเพียง 1,800 ลักส์ แต่เมื่อให้ไนเตรตและฟอสเฟต 10:0.52 ไมโครกรัมอะตอม/ลิตร ค่าความเข้มแสงพอเหมาะเป็น 3,000 ลักส์ ตลอดทั้งอุณหภูมิพอเหมาะก็จะเปลี่ยนจาก 16° ซ ไปเป็น 23° ซ ใน N. closterium และสำหรับช่วงเวลาที่ได้รับแสงสว่างที่เหมาะสมสำหรับ 2 species นี้คือช่วงสว่าง 14 ชั่วโมง มืด 10 ชั่วโมง ดังนั้นในอุณหภูมิสูงจะต้องการสารอาหารที่สำคัญ ๆ มากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลจากการสะท้อนของการทำงานของเอนไซม์ก็ได้

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ของแพลงตอนพืชนั้น ใช้เป็นตัวบอกผลผลิตเบื้องต้น (primary production) ได้ แต่ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ที่สร้างขึ้นจะขึ้นกับปริมาณของแอมโมเนียมและฟอสเฟตใน media นั้น ๆ ที่มันอยู่ (Vince & Valiela, 1973) แต่ในการวัดคลอโรฟิลล์เอบางครั้งจะมีปริมาณที่คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงบ้าง เนื่องจากมีการสลายของคลอโรฟิลล์เอไปเป็นเฟอิโอไฟทิน (phaeophytin) ในขณะที่ทำการสะกัดได้อย่างง่ายดาย จึงทำให้ค่าที่วัดได้ต่ำกว่าความจริง (Lawrenzen, 1967)

วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลจากการเพิ่มระดับอุณหภูมิในช่วง 23–45° ซ ที่มีต่อการเพิ่มจำนวนของแพลงตอนพืชทะเล 5 spp. : Chaetoceros calcitrans pumilus Takano, 1960; Platymonas sp. West, 1916; Chlamydomonas sp. Ehrenberg, 1833; Chlorella sp.1 และ Chlorella sp.2 ซึ่งอยู่ในสภาพ unispecies culture โดยนับปริมาณเซลล์ที่เพิ่มขึ้น (cell count method) และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a) เปรียบเทียบควบคู่ไปด้วย

2. เพื่อศึกษาผลกระทบของการเพิ่มระดับอุณหภูมิในช่วง 23–45°ซ ต่อการอยู่ร่วมกันของแพลงตอนพืชทะเล ทั้ง 5 species

<u>ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย</u> โดยที่การสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณูที่อ่าวไผ่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี นั้น อาจมีหรือเพิ่มผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมได้เนื่องจากในขบวนการนี้จะต้องใช้น้ำเพื่อระบายความร้อนในเครื่องควบแน่น (condensor) โดยสูบน้ำทะเลใช้ ขณะปล่อยทิ้งอาจจะก่อให้เกิดปัญหามลภาวะของอุณหภูมิโดยทำให้น้ำทะเลในบริเวณนั้น มีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิมได้ ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้จะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น สิ่งมีชีวิตไม่สามารถจะเคลื่อนที่หลีกหนีได้ประเภทหนึ่งคือ แพลงตอนพืชทะเล (phytoplankton) ซึ่งมีความสำคัญมากในฐานะที่เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นของทะเล (primary producer) การเปลี่ยนอุณหภูมิอาจทำให้กำลังผลิตเบื้องต้นของน้ำทะเลบริเวณนั้นลดต่ำลง ซึ่งอาจเป็นผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อไปได้ (หมั่น, 2519) หรืออาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกลุ่มแพลงตอนพืช (class and species composition) เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (Carpenter, 1973) จากรายงานของ Balder, et al (1970) ที่ Turdey point ในอ่าว Biscayne,Florida ปรากฏว่า เมื่ออุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากโรงไฟฟ้าปรมาณูสูงถึง 40°ซ ในบางครั้ง จะทำให้สาหร่ายและพืชน้ำที่เคยอุดมสมบูรณ์สูญหายไปมาก ทำให้ผลเสียที่ตามมาคือการเกิดการพังทะลายของดิน (erosion) ทำให้น้ำขุ่น ผลผลิตเบื้องต้นถูกจำกัดลงและเป็นผลถึงให้สัตว์อื่น ๆ ตายสูญพันธุ์ไปและเสียสภาพของระบบนิเวศน์วิทยา ดังนั้น จึงเป็นสิ่งน่าสนใจที่จะศึกษาเพื่อทราบว่า การเพิ่มอุณหภูมิ จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและมีผลกระทบต่อการอยู่ร่วมกันอย่างไรบ้าง

นอกจากนี้ การทดลองเพาะเลี้ยงแพลงตอนพืชทะเลในห้องทดลอง จะช่วยทำให้เข้าใจถึงระบบนิเวศน์วิทยาของแพลงตอนพืชได้ แต่ในการนำผลไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสิ่งแวดล้อมในทะเลนั้น ต้องระมัดระวังอย่างมาก เพราะผลที่ได้จากห้องทดลองเกิดจากสภาวะเทียม จึงต้องเลือกใช้ผลให้รอบคอบด้วย (สุนีย์, 2516 ; Braarud, 1961 และ Fogg, 1966)

<u>นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้ภาษาเทคนิค</u>

unispecies culture หมายถึงการเพาะเลี้ยงแบบที่มีแพลงตอนพืชอยู่เพียงชนิดเดียว ในบางกรณีอาจมีแบคทีเรียเจือปนอยู่ด้วยก็ได้

Batch culture หมายถึงการเพาะเลี้ยงแบบที่อยู่ในภาชนะที่จำกัดและมีสารอาหาร (nutrient) อยู่ในปริมาณหนึ่งเท่านั้น

Half saturation constants (K_s) หมายถึงความเข้มข้นของสารอาหารที่อนุญาตให้เซลล์ดูดซึมสารอาหารด้วยอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราดูดซึมสูงสุด ($\frac{1}{2} V_{max}$)