บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองศึกษาผลของโลหะปริมาณน้อยอันได้แก่ สังกะสี แมงกานีส โมลิบดินัม โคบอลต์ และทองแดง ร่วมกับ EDTA ต่อการเจริญของ Prorocentrum micans พบว่า

1. การวัดการเจริญของ P. micans สามารถใช้วิธีการประเมินค่าจำนวนเซลล์ได้จากค่า flourescence number ที่ได้จากการวัดแบบ in vivo fluorescence ด้วยเครื่อง fluorometer ลัดเป็นวิธีการประเมินผลผลิตของเซลล์โดยทางอ้อม แต่ให้ผลถูกต้องแม่นยำมีการคลาดเคลื่อนน้อยและรวดเร็วกว่าวิธีการสุ่มนับจำนวนเซลล์

2. P. micans ที่แยกได้จากน้ำทะเลธรรมชาติ สามารถเพาะเลี้ยงได้ในห้องปฏิบัติการด้วยน้ำเลี้ยงเซลล์ที่เตรียมจากน้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่ได้เพิ่มสารอาหารสูตร modified T1 จะได้ผลผลิตของเซลล์สูงสุด โดยเฉลี่ยประมาณ 30,282 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ที่สภาวะควบคุม อุณหภูมิ 30 $\pm$ 1 $^{\circ}$C ปริมาณความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ ช่วงเวลาสว่าง:ช่วงเวลามืด เท่ากับ 14:10 ชั่วโมง

3. อัตราส่วนของ EDTA ต่อปริมาณรวมของธาตุโลหะปริมาณน้อย ในส่วนขององค์ประกอบ Mixed trace metals solution ของสารอาหารสูตร modified T1 ที่เพิ่มลงไปในน้ำทะเลธรรมชาติ พบว่าที่ระดับอัตราส่วนเท่ากับ 2:1 มีความเหมาะสมต่อการเจริญของ P. micans

4. ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโลหะปริมาณน้อยในส่วนขององค์ประกอบ Mixed trace metal solution ของสูตรอาหาร modified T1 ที่เพิ่มลงไปในน้ำทะเลธรรมชาติ พบว่าธาตุโลหะปริมาณน้อยทั้ง 5 ชนิด มีปริมาณความเข้มข้น ดังนี้ สังกะสี $1x10^{-8}$ โมลาร์

แมงกานีส $1x10^{-5}$ โมลาร์ โมลิบดินัม $5x10^{-7}$ โมลาร์ โคบอลต์ $2x10^{-7}$ โมลาร์ และทองแดง $1x10^{-8}$ โมลาร์ มีความเหมาะสมต่อการเจริญของ P. micans

5. โลหะปริมาณน้อยซิลิเนียม ที่เตรียมในรูปสารละลาย H_2SeO_3 โดยมีปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 10 นาโนโมลาร์ ที่ใส่เพิ่มลงไปในสารอาหารสูตร modified T1 ไม่แสดงผลต่อการเจริญของ P. micans

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเกี่ยวกับผลของโลหะปริมาณน้อยต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืชในโอกาสต่อไปควรจะพิจารณาข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ในการศึกษาอิทธิพลของธาตุโลหะปริมาณน้อย ที่มีต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืช เพื่อให้เห็นผลกระทบต่อการเจริญอย่างเด่นชัด ควรแปรผันปริมาณความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ของธาตุโลหะแต่ละชนิด แล้วจึงนำเอาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของธาตุโลหะแต่ละชนิด มาศึกษาร่วมกันระหว่างธาตุโลหะด้วยกันเอง

2. น้ำเลี้ยงเซลล์ที่เตรียมขึ้นมาใช้ในการทดลองนั้น ถ้าเป็นน้ำเลี้ยงที่เตรียมจากน้ำทะเลธรรมชาติก็จะเป็นผลดีในแง่ที่คล้ายคลึงกับสภาพในธรรมชาติซึ่งธาตุโลหะบางชนิดจะมีปฏิกิริยาส่งเสริมหรือหักล้างซึ่งกันและกัน (synergistic and antagonistic effects) (Morel and Morel-Laurens, 1983) แต่ก็จะพบข้อบกพร่องเมื่อใช้เป็นน้ำเลี้ยงเซลล์ในการศึกษาบทบาทของธาตุโลหะต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืช เพราะน้ำทะเลธรรมชาตินั้นหลังจากที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีอบความดันไอน้ำแล้วสารอาหารและวิตามินต่าง ๆ จะถูกทำลายให้หมดไป และสารประกอบเชิงซ้อนก็จะสลายตัว (break down) ให้อยู่ในรูปอิออนอิสระซึ่งจะยังไม่ถูกกำจัดออกไปจากน้ำทะเล และเมื่อนำไปใช้ในการทดลอง อิออนอิสระเหล่านี้อาจจะมีผลโดยตรงต่อการเจริญของเซลล์ซึ่งอาจจะเกิดการเป็นพิษต่อเซลล์ หรือไปส่งเสริมการเจริญของเซลล์ ในบางกรณีอิออนอิสระที่เหลือค้างอยู่หลังจากขบวนการฆ่าเชื้อในน้ำทะเลธรรมชาติอาจไปรบกวนผลการทดลองไม่ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์เนื่องจากมีคีเลเตอร์บางส่วนไปทำปฏิกิริยากับอิออนอิสระที่เหลือค้างอยู่

เดิม ทำให้เกิดการแข่งขันกันในการทำปฏิกิริยาระหว่างอิออนของธาตุโลหะทั้งที่มีอยู่เดิมและทั้งที่เพิ่มเข้าไป

ส่วนวิธีการที่จะกำจัดอิออนของธาตุโลหะที่ยังเหลือตกค้างอยู่หลังจากเกิดกระบวนการสลายตัวของสารประกอบแล้ว อาจอาศัยหลักการดึงเอาอิออนเหล่านั้นออกจากน้ำทะเลโดยวิธีการทางเคมีที่เรียกว่า pre-concentration ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับน้ำทะเลในปริมาณมาก ๆ คือ cocrystalization และ ion exchange แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างประโยชน์ที่จะได้รับกับการคุ้มทุน พบว่าวิธีนี้สามารถกำจัดอิออนของโลหะที่ตกค้างอยู่ในน้ำทะเลได้ดี แต่สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายมาก อีกทั้งวิธีการก็ยุ่งยากซับซ้อน (Riley et al, 1975) จึงคิดว่าไม่เหมาะสมในเชิงปฏิบัติหากไม่จำเป็น หรือเลี่ยงไปใช้น้ำเลี้ยงเซลล์ที่เตรียมจากน้ำทะเลสังเคราะห์ (artificial sea water media) จะเหมาะกับการทดลองที่น้ำเลี้ยงเซลล์เตรียมใช้ในปริมาณน้อย (small scale) โดยให้ผลการทดลองคงที่ แต่แพลงก์ตอนพืชบางชนิดก็ไม่สามารถจะเจริญได้ใน media สังเคราะห์นี้ เพราะยังขาดปัจจัยบางอย่างที่จำเป็นต่อการเจริญอย่างแน่ชัด (Villegas,1982) แต่อย่างไรก็ดีน้ำทะเลสังเคราะห์ในระยะหลัง ๆ ก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงองค์ประกอบเพื่อการศึกษาทางด้านที่เกี่ยวข้องกับธาตุอาหารและสรีรวิทยาของแพลงก์ตอนพืช (Tech, 1982) Aquil เป็นสูตรอาหารสังเคราะห์ที่มีความสมบูรณ์แบบออกแบบมาเพื่อใช้กับงานการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างธาตุโลหะปริมาณน้อยกับแพลงก์ตอนพืช (Morel et al, 1975) แต่น้ำเลี้ยงเซลล์ที่เตรียมจากน้ำทะเลสังเคราะห์ก็มีข้อเสียเปรียบอันเนื่องมาจากความไม่สะดวกในการเตรียมขึ้นใช้ในปริมาณมาก (large scale) และจะไม่คำนึงถึง synergistic และ antagonistic effects และข้อจำกัดในการเลือกใช้ ion exchange resin ให้เหมาะสมกับอิออนที่ต้องการดึงออกจากน้ำทะเลเพื่อจะได้เกิดประสิทธิภาพในการดักจับโลหะได้อย่างสมบูรณ์

3. ในกรณีที่ต้องการศึกษาบทบาทของธาตุปริมาณน้อยในแง่ที่เป็นตัวจำกัดการเจริญของแพลงตอนพืชนั้น ควรจะตรวจสอบผลของธาตุนั้น ๆ ภายหลังจากที่เพาะเลี้ยงเซลล์ในน้ำเลี้ยงที่เพิ่มสารอาหารตามสูตรอาหารมาตรฐาน จนกระทั่งเซลล์มีการเจริญเข้าสู่ stationary stage เมื่อทำการวัดปริมาณธาตุอาหารในน้ำเลี้ยงเซลล์ขณะนั้นและพบว่าธาตุอาหารไนเตรตและฟอสเฟตยังคงเหลืออยู่ในปริมาณมากแสดงว่าต้องมีธาตุอาหารอื่นที่มิได้เป็นองค์ประกอบในสูตรอา-

หารที่ใช้ในขณะนั้น เป็นตัวจำกัดการเจริญของแพลงตอนพืชชนิดนั้น ๆ แล้วจึงทำการแปรผันระดับความเข้มข้นของโลหะชนิดที่คาดว่าจะเป็นตัวจำกัดการเจริญ โดยเตรียมน้ำเลี้ยงด้วยน้ำทะเลสังเคราะห์และธาตุอาหารหลักที่จำเป็น และทำการกำจัดธาตุโลหะปริมาณน้อยที่ปนเปื้อนอยู่ด้วยการผ่านสารละลายทั้งหมดใน ion exchange resin แล้วจึงตรวจสอบผลของธาตุโลหะนั้น ๆ ต่อการเจริญของแพลงตอนพืช