

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทั่วไปของแม่น้ำบางปะกง

แม่น้ำบางปะกงเป็นแม่น้ำสายใหญ่ที่สุดในภาคตะวันออกเกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำนครนายก และแม่น้ำปราจีนบุรี ที่อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี แล้วไหลลงบริเวณอ่าวไทยตอนใน บริเวณอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีความยาวประมาณ 122 กิโลเมตร (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2537) โดยมีแหล่งต้นน้ำมาจากภูเขาสูงบริเวณวนอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ แล้วไหลผ่านลงสู่ที่ราบชายฝั่งทะเลบริเวณจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยตลอดระยะทางที่ลำน้ำสาขาไหลผ่านครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่จังหวัดนครนายก ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา และชลบุรี มีพื้นที่รวมทั้งสิ้นประมาณ 20,000 ตารางกิโลเมตร (พิชาญ สว่างวงศ์ และคณะ, 2541) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเขตการเกษตรมีทั้งการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์เมื่อรวมเป็นแม่น้ำบางปะกงแล้วไหลผ่านที่ราบลุ่ม และพื้นที่ส่วนใหญ่ก็เป็นแหล่งเกษตรกรรม อุตสาหกรรมและชุมชนเมือง ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเห็นได้ว่าแม่น้ำบางปะกงมีส่วนในการชะล้าง และพัดพาเอาส่วนประกอบของหิน ดิน แร่ รวมทั้งอินทรีย์สารที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางเกษตร อุตสาหกรรมและชุมชนเมืองลงมาด้วยตลอดระยะทางที่ไหลผ่านจนถึงอ่าวไทยตอนบน นอกจากนั้นยังมีคลองไหลลงบริเวณปากแม่น้ำด้วย เช่น คลองพานทอง คลองบางแสน เป็นต้น (มนูดี หังสพฤกษ์, ศิริชัย ธรรมวนิช และกัลยา วัฒนากร, 2528 อ้างถึงใน วันดี นิลสำราญเจริญ, สุวรรณ จันทร์ประเสริฐ และถาวรย์ เอียวสวัสดิ์, 2543) ซึ่งลักษณะเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำท่าทั้งด้านกายภาพและเคมี รวมทั้งลักษณะทางชีวภาพของแหล่งน้ำในอ่าวไทยตอนบนบริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่งใกล้เคียงได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล เช่น ฤดูฝน และฤดูแล้ง เป็นต้น อันจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลและความรุนแรงของน้ำในแม่น้ำบางปะกงและสาขา ทำให้คุณสมบัติของน้ำที่ลงสู่บริเวณ ปากแม่น้ำเปลี่ยนตามไปด้วย สภาพเช่นนี้ย่อมมีผลต่อปรากฏการณ์อื่น ๆ ในบริเวณดังกล่าวและใกล้เคียงได้ เช่น การมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและชนิดของแพลงก์ตอน สัตว์หน้าดิน รวมทั้งทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน้ำในบริเวณนั้นได้

ระบบนิเวศบริเวณปากแม่น้ำ เป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างแม่น้ำกับทะเล ทำให้น้ำจืดกับน้ำเค็ม มาปะทะกัน เรียกโดยทั่วไปว่า เอสทูรี (Estuary) ซึ่งหมายถึงบริเวณที่น้ำทะเลถูกเจือจางด้วยน้ำจืดจากแผ่นดิน (มนูดี หังสพฤกษ์, 2532) เป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงมวลน้ำอยู่ตลอดเวลาจากอิทธิพลของน้ำจืดและน้ำทะเล และยังมีปัจจัยตามธรรมชาติอื่น ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องอีก เช่น

น้ำขึ้นน้ำลง (Tide) คลื่น ลม เป็นต้น บริเวณเอสทูรีโดยทั่วไปแล้วเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เนื่องจากมีธาตุอาหารที่มากับน้ำ สะสมรวมกันอยู่ในบริเวณนี้มาก (สมพิศ เพือกสะอาด, 2542) ทำให้เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในระบบห่วงโซ่อาหาร ทำให้มีแพลงก์ตอน โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชที่เป็นผู้ผลิตอาหารขั้นต้นในห่วงโซ่อาหาร (Primary Production) เมื่อปริมาณอาหารตั้งต้นมีมากก็มีผลให้สิ่งมีชีวิตในลำดับเหนือขึ้นไปมีการใช้พลังงานสืบต่อกันไปได้อย่างเพียงพอ ทำให้บริเวณดังกล่าวเป็นที่ชุมนุมกันของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมประมง และการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ แต่เมื่อแพลงก์ตอนพืชมีการเพิ่มจำนวนมากเกินไปในแหล่งน้ำเนื่องจากสถานะในพื้นที่มีปริมาณของสารอาหารเพิ่มมากขึ้น หรือที่เรียกว่า ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ทำให้มีการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชมากตามไปด้วย จนเกินสมดุลของธรรมชาติซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศแหล่งนั้น โดยทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนจนส่งผลให้คุณภาพน้ำในบริเวณนั้นเสื่อมลง ปรากฏการณ์ที่เห็นได้ชัดเจน คือปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (Red Tide) หรือที่มักเรียกว่า ปรากฏการณ์ซีปลาวาฟ ทำให้น้ำมีการเปลี่ยนสีไปจากสีน้ำทะเลเดิม อาจจะเป็น สีเขียว สีแดง หรืออื่น ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอนที่มีอยู่ในบริเวณดังกล่าว โดยชนิดที่พบบ่อย ๆ ได้แก่ *Noctiluca scintillans* (สิทธิพันธุ์ ศิริรัตนชัย และแววตา ทองระอา, 2537) พบเป็นตัวเด่นในเขตจังหวัดชลบุรี ทำให้น้ำมีสีเขียว ชนิดที่พบรองลงมาคือ *Ceratium furca* (แววตา ทองระอา, 2541) ซึ่งเป็นชนิดที่ทำให้น้ำมีสีแดง นอกจากนี้ยังพบ *Dinophysis* sp. , *Skeletonema* sp. , *Thalassiosira* sp. และ *Trichodesmium* sp. เป็นต้น หากสภาวะนี้เกิดขึ้นในแหล่งน้ำจืดนิยมใช้คำว่า Algal Bloom (ลัดดา วงศ์รัตน์ และโสภณา บุญญาภิวัฒน์, 2546) ปรากฏการณ์นี้ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำโดยตรง ทำให้ต้องมีการอพยพเคลื่อนย้ายที่อยู่เพื่อการเอาชีวิตรอดและการหาอาหารเพราะสภาวะที่อยู่เดิมไม่เอื้อต่อการดำรงชีวิต ดังนั้นสิ่งมีชีวิตกลุ่มที่เป็นประเภทเคลื่อนที่ช้าหรืออยู่กับที่จึงต้องมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะได้ดีกว่า ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นได้บ่อยในบริเวณปากแม่น้ำ บริเวณชายฝั่งทะเลและมักจะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี เป็นเหตุการณ์เฉพาะถิ่น แต่บางแห่งก็เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว และไม่สามารถบอกล่วงหน้าได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด การดูแลจัดการในเรื่องนี้และคาดการณ์ถึงสภาวะที่จะเกิดขึ้นได้จึงต้องมีความเข้าใจทั้งกลุ่มชนิดของแพลงก์ตอนที่มีอยู่ ณ ช่วงเวลานั้นต้องทราบความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ ธาตุอาหารที่มีแล้วนำมาประมวลเพื่อแปลผลทำความเข้าใจถึงการเชื่อมโยงกัน

การจำแนกหมวดหมู่ของแพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืช เป็นพืชกลุ่มที่มีรงควัตถุในเซลล์ทำให้สามารถดูดซับพลังงานแสงและใช้พลังงานแสงร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและสร้างสารอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (สมพิศ เผือกสะอาด, 2542)

การจำแนกหมวดหมู่เบื้องต้นของแพลงก์ตอน ในระดับดิวิชัน (Division) หรือไฟลัม (Phylum) ชั้น (Class) หรืออันดับ (Order) สามารถใช้หลักเกณฑ์ 5 ประการ ดังนี้ (กิตดา วงศ์รัตน์, 2544)

1. ชนิดของรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง (Type of Photosynthetic Pigments)
2. ประเภทของอาหารที่สะสม (Type of Reserved Products)
3. ประเภทขององค์ประกอบของผนังเซลล์ (Type of Cell Wall Components)
4. ลักษณะของหนวด (Characteristic of Flagella)
5. ลักษณะพิเศษของโครงสร้างเซลล์ (Special Structure of the Cell)

ชนิดของรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง

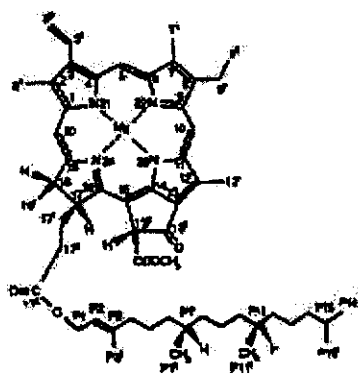
สาเหตุที่แพลงก์ตอนพืชมีสีแตกต่างกัน ทั้งสีเขียว สีเขียวแกมน้ำเงิน สีนํ้าตาล หรือสีแดง ได้ก็เพราะมีสารสี หรือที่เรียกว่า รงควัตถุ อยู่ภายในเซลล์ โดยรงควัตถุอาจจะกระจายอยู่ภายในเซลล์ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน หรืออาจอยู่ในออร์แกเนลล์ (Organelle) ที่เรียกว่า พลาสติด (Plastid) จำพวกคลอโรพลาสต์ หรือ โครโมพลาสต์ ซึ่งมีรูปร่างแน่นอน เช่น สาหร่ายสีเขียว ไคโตะดอม ไดโนแฟลกเจลเลต และยูกลีนาออยด์ เป็นต้น

รงควัตถุหลัก มี 3 ชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) และไฟโคบิลิโพรตีน (Phycobiliproteins) รงควัตถุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

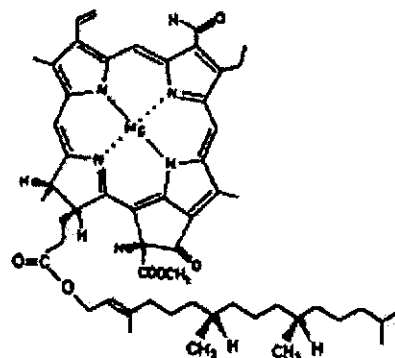
1. คลอโรฟิลล์ เป็นรงควัตถุมีสีเขียว ซึ่งเป็นรงควัตถุสำคัญในการสังเคราะห์แสง ได้แก่ คลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a) คลอโรฟิลล์-บี (Chlorophyll-b) และคลอโรฟิลล์-ซี (Chlorophyll-c) ชนิดของคลอโรฟิลล์ที่พบในแพลงก์ตอนพืช หรือสาหร่ายทุกชนิด คือ คลอโรฟิลล์-เอ ส่วนคลอโรฟิลล์ชนิดอื่นนั้นจะพบในแพลงก์ตอนพืชต่างชนิดกันไป คลอโรฟิลล์-เอ จัดว่าเป็นรงควัตถุหลักสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสง (Primary Photosynthetic Pigment) โดยเป็นส่วนประกอบหลักของศูนย์ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง (Reaction Centre) ส่วนคลอโรฟิลล์ชนิดอื่น ๆ จัดว่าเป็นรงควัตถุลำดับรอง (Secondary Photosynthetic Pigment) ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานแสงต่อไปให้โมเลกุลของคลอโรฟิลล์-เอ ที่เป็นศูนย์ปฏิกิริยา

คลอโรฟิลล์ มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ดังนั้นการสกัดคลอโรฟิลล์จากแพลงก์ตอนพืช จึงใช้เมทานอล (Methanol) หรืออาจใช้สารละลายที่เป็นส่วนผสมของเมทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether) ในอัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร หรือตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ

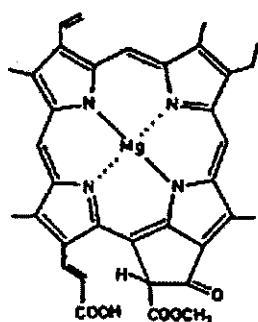
โดยทั่วไป ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในแพลงก์ตอนพืชมีประมาณร้อยละ 0.5 - 1.5 ของน้ำหนักแห้ง แต่อาจมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 6 ในแพลงก์ตอนพืชที่เลี้ยงในที่ที่มีแสงอ่อน ๆ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)



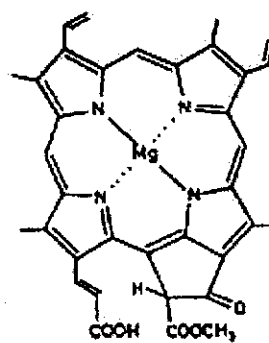
ก. โครงสร้างของคลอโรฟิลล์-เอ



ข. โครงสร้างของคลอโรฟิลล์-บี



ค. โครงสร้างของคลอโรฟิลล์-ซี 1

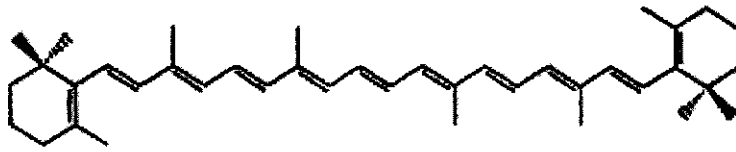


ง. โครงสร้างของคลอโรฟิลล์-ซี 2

ภาพที่ 2-1 ลักษณะโครงสร้างของคลอโรฟิลล์

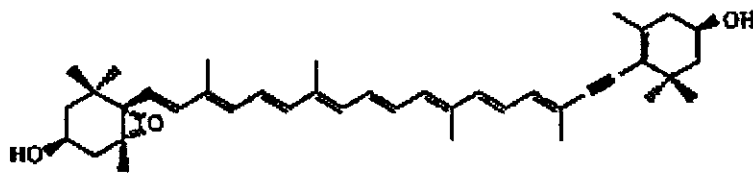
2. แคโรทีนอยด์ เป็นรงควัตถุประกอบ (Accessory Pigments) มีสีเหลือง สีส้ม หรือสีแดง แคโรทีนอยด์จะดูดซึมแสงสีน้ำเงิน และสีเขียว แล้วปล่อยแสงสีเหลืองและแดงให้ผ่านออกมาจึงเห็นเป็นสีเหลือง สีส้ม หรือแดง แคโรทีนอยด์ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

- แคโรทีน (Carotenes) มีสีส้ม เป็นรงควัตถุจำพวกไฮโดรคาร์บอน ที่ไม่มีออกซิเจน (Oxygen – Free Hydrocarbon) มี 3 ชนิด ได้แก่ แอลฟา เบตา และเอปซีลอน (α , β , และ ϵ - Carotene) ชนิดที่พบใน แผลงผักตอนพืชทุกชนิด คือ เบตา – แคโรทีน

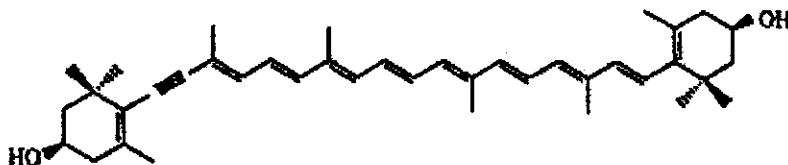


ภาพที่ 2-2 ลักษณะ โครงสร้างของเบตา – แคโรทีน

- แซนโทฟิลล์ (Xanthophylls) หรือ ออกซีแคโรทีน (Oxycarotene) มีสีเหลืองเป็นสารจำพวกอนุพันธ์ที่มีออกซิเจนของแคโรทีน (Oxygenated Derivative) แบ่งออกได้หลายชนิด เช่น ลูเทอิน (Lutein) ฟูโคแซนธิน (Fucoxanthin) ไดอะไดโนแซนธิน (Diadinoxanthin) ไดอะโตแซนธิน (Diatoxanthin) และเพริดีนิน (Peridinin) เป็นต้น

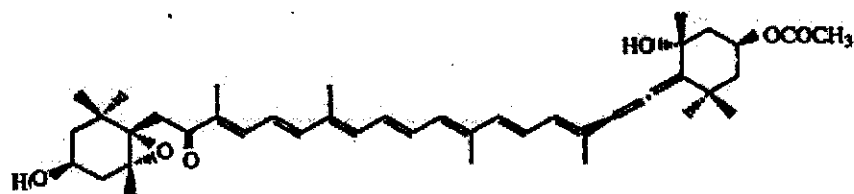


ก. โครงสร้างของไดอะไดโนแซนธิน

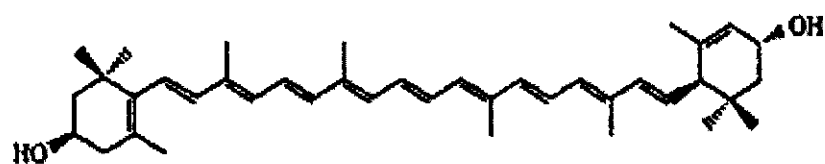


ข. โครงสร้างของไดอะโตแซนธิน

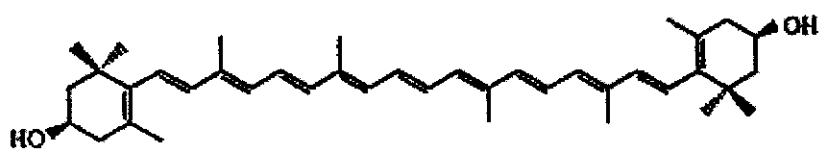
ภาพที่ 2-3 ลักษณะ โครงสร้างของแซนโทฟิลล์ชนิดต่าง ๆ



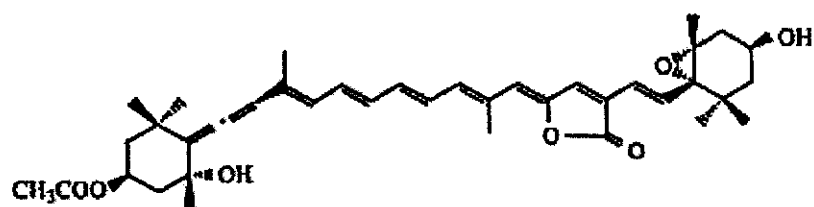
ค. โครงสร้างของฟูโคแซนธิน



ง. โครงสร้างของลูเทออิน



จ. โครงสร้างของซีอะแซนธิน



ฉ. โครงสร้างของเพรดิโนน

แคโรทีนอยด์ มีส่วนในการสังเคราะห์แสงโดยเป็นตัวช่วยถ่ายทอดพลังงานรังสีที่ได้รับไปยังคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์เป็นสารที่ละลายได้ในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ และละลายได้ดีในปิโตรเลียมอีเทอร์ ส่วนแซนโทฟิลล์ละลายได้ดีใน เมทานอล 90% ดังนั้นเมื่อนำแคโรทีนอยด์ในน้ำยาปิโตรเลียมอีเทอร์มาแยกในเมทานอล 90% แซนโทฟิลล์จะละลายอยู่ในเมทานอล ส่วนแคโรทีนจะยังคงอยู่ในสารปิโตรเลียมอีเทอร์ตามเดิม โดยทั่วไปจะพบมีอัตราส่วนของปริมาณแคโรทีน: ปริมาณแซนโทฟิลล์ ในเซลล์พเลงก์ตอนพืช ประมาณ 3:2 (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)

3. ไฟโคบิลิโปรตีน เป็นรงควัตถุประกอบเช่นเดียวกับแคโรทีนอยด์ แต่ไฟโคบิลิโปรตีนเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ก็จะรวมกับโปรตีน จึงมีชื่อว่าไฟโคบิลิโปรตีน โดยมีโครงสร้างแบบ เตตระไพโลริก (Tetrapyloric Structure) คล้ายกับสารสีในน้ำคึของสัตว์ พบเฉพาะในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีแดงเท่านั้น

ไฟโคบิลิโปรตีนมี 3 ชนิดได้แก่ ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) แอลโลไฟโคไซยานิน (Allophycocyanin) และไฟโคอีริทริน (Phycoerythrin) สองชนิดแรกพบเสมอในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และสาหร่ายสีแดง ส่วนไฟโคอีริทริน พบเฉพาะในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีแดงบางชนิด ทั้งไฟโคไซยานินและไฟโคอีริทริน จะมีอักษรนำหน้า เช่นถ้าอักษรนำหน้าเป็น C – Phycocyanin และ C – Phycoerythrin หมายถึงรงควัตถุพวกไฟโคบิลิโปรตีนชนิดที่พบ ในคิวชันไซยาโนไฟตา ตามคุณสมบัติของสเปกตรัมการดูดซึมแสง แต่ในปัจจุบันความหมายของอักษรนำหน้าเปลี่ยนไปโดยจะแสดงถึงคุณสมบัติของการดูดซึมแสง แทนการระบุว่าเป็นคิวชันหรือไฟลัมใด (Bold & Wynne, 1987 อ้างถึงใน ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)

ไฟโคบิลิโปรตีน เป็นรงควัตถุที่ทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายทอดพลังงานรังสีให้แก่คลอโรฟิลล์-เอ โดยไฟโคอีริทริน ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงแล้วส่งต่อไปให้ไฟโคไซยานิน และไฟโคไซยานินส่งให้แก่คลอโรฟิลล์ ไฟโคบิลิโปรตีนละลายได้ดีในน้ำ ดังนั้นการสกัดรงควัตถุจำพวกนี้จึงต้องบดหรือขยี้ให้เซลล์สาหร่ายแตกออกเพื่อให้ไฟโคบิลิโปรตีนละลายออกมากับน้ำ

แหล่งของรงควัตถุภายในเซลล์ของพเลงก์ตอนพืช

โดยทั่วไปรงควัตถุทุกชนิดที่อยู่ในเซลล์พืชจะรวมอยู่ในออร์แกเนลล์ ที่เรียกว่า พลาสติด ซึ่งมีรูปร่างที่แน่นอน ยกเว้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งรงควัตถุจะกระจายอยู่ทั่วไปในไซโตพลาสซึม พลาสติดมี 2 ชนิด คือ ลิวโคพลาสต์ (Leucoplast) เป็นพลาสติดไม่มีสี ส่วนพลาสติดมีสีจะมีชื่อเรียกต่างกัน 2 ชื่อ คือถ้ามีสีเขียว เรียกว่า คลอโรพลาสต์ (Chloroplast) ถ้ามีสีออกสีเหลือง สีส้ม หรือสีแดง เรียกว่า โครโมพลาสต์ (Chromoplast)

คลอโรพลาสต์ และโครโมพลาสต์ มีรูปร่างลักษณะและจำนวนแตกต่างกันไปอาจมี 1 - 2 อัน หรือมีจำนวนมากมายับยั้งไม่ถ้วน คลอโรพลาสต์ประกอบด้วยเยื่อบาง ๆ 2 ชั้น ในบางครั้งจะมี เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (Endoplasmic Reticulum) หรือเรียกย่อว่า E.R. หุ้มภายนอกอีก 1 ชั้น คลอโรพลาสต์ของแพลงก์ตอนพืชบางคลาส เชื้อหุ้มคลอโรพลาสต์นี้จะหุ้มนิวเคลียสไว้ด้วย เช่น คลาสคริปโตไฟไซ (Class Cryptophyceae) และคริสโซไฟไซ (Chrysophyceae) ภายในคลอโรพลาสต์ มีไทลาคอยด์ (Thylacoid) มีลักษณะเหมือนถุงแบน ๆ ซึ่งมีรงควัตถุสังเคราะห์แสงบรรจุอยู่ อาจอยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่ หรือเรียงซ้อนกันเป็นชั้น โดยแต่ละไทลาคอยด์ไม่ติดกัน เรียกว่า กรานา (Grana) แพลงก์ตอนพืชแต่ละดิวิชัน จะมีจำนวนไทลาคอยด์ในแต่ละกรานาไม่เท่ากัน

การแบ่งกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชตามเอกสารของ ลัดดา วงศ์รัตน์ (2544) ได้แบ่งเป็น 3 ดิวิชัน ดังนี้

1. ดิวิชันไซยาโนไฟตา (Division Cyanophyta) เป็นกลุ่มของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue Green Algae) จัดว่าเป็นแพลงก์ตอนพืชที่มีวิวัฒนาการต่ำที่สุด จะมีลักษณะคล้ายแบคทีเรีย เนื่องจากมีเซลล์เป็นแบบโปรคาริโอติกเซลล์ (Prokaryotic Cell) จึงทำให้มีผู้นิยมเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria)

2. ดิวิชันคลอโรไฟตา (Division Chlorophyta) เป็นกลุ่มของสาหร่ายสีเขียว (Green Algae) ซึ่งสมาชิกในกลุ่มนี้มีความหลากหลายของสมาชิกมากชนิด จึงทำให้ลักษณะรูปร่างแตกต่างกันมาก อาศัยอยู่ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม

3. ดิวิชันโครโมไฟตา (Division Chromophyta) เป็นกลุ่มของสาหร่ายที่มีเซลล์มีคุณสมบัติของพืชชั้นสูง มีคลอโรฟิลล์-เอ, ซี และรงควัตถุประกอบในคลอโรพลาสต์

สำหรับขนาดของแพลงก์ตอนแบ่งได้เป็นดังตารางที่ 2-1 และการแบ่งกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชจะมีด้วยกันหลายแบบสำหรับในแบบอื่น ๆ มีแสดงดังในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-1 การแบ่งแพลงก์ตอนตามขนาด (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)

กลุ่ม	ขนาด (ไมครอน, μm) $1\ \mu\text{m} = 1/1,000\ \text{mm}$	ตัวอย่าง
Femtoplankton	มากกว่า $0.2\ \mu\text{m}$	ไซยาโนแบคทีเรีย (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)
Picoplankton	$0.2\text{-}2\ \mu\text{m}$	แพลงก์ตอนพืชพวกมีหนวด และ โปรโตรซัว
(Untraplankton)*	$(5\ \mu\text{m})^*$	
Nanoplankton	มากกว่า $2\text{-}20\ \mu\text{m}$	แพลงก์ตอนพืช (คอคโคลิโอฟอไลธ) ไดอะตอม
(Nannoplankton)	$(5\text{-}50\ \mu\text{m})$	สาหร่ายสีเขียว ไดโนแฟลกเจลเลต
Microplankton	มากกว่า $20\text{-}200\ \mu\text{m}$ $(50\ \mu\text{m} - 1\ \text{mm})^*$	ไดอะตอม สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว โรติเฟอร์ ตัวอ่อนของ แพลงก์ตอนสัตว์ ฯลฯ
Mesoplankton	มากกว่า $200\ \mu\text{m} - 2\ \text{mm}$ $(\text{มากกว่า } 1\text{-}5\ \text{mm})$	แมลงกะพรุนขนาดเล็ก โคพีพอด ไรน้ำเค็ม หนอนธนู ออสตราคอด ฯลฯ
Macroplankton	มากกว่า $2\ \text{mm}$ $(\text{มากกว่า } 5\text{-}10\ \text{mm})^*$	แมลงกะพรุน ยูฟอร์ลิด ไมลิด หนอนธนู หอย ฯลฯ
Megaloplankton	มากกว่า $1\ \text{cm}$	แมลงกะพรุนขนาดใหญ่ ครัสตาเซียนขนาดใหญ่

หมายเหตุ * ขนาดของแพลงก์ตอนทะเล

ตารางที่ 2-2 เปรียบเทียบการจัดหมวดหมู่ของแพลงก์ตอนพืช (ดัดแปลงจาก ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)

Smith (1950)	Prescott (1962)	Christensen (1962 , 1966)	Lee (1980)
CYANOPHYTA Myxophyceae	CYANOPHYTA Myxophyceae	CYANOPHYTA Cyanophyceae	CYANOPHYTA Cyanophyceae
CHLOROPHYTA - Chlorophyceae	CHLOROPHYTA Chlorophyceae	CHLOROPHYTA Chlorophyceae	CHLOROPHYTA Chlorophyceae
EUGLENOPHYTA Euglenophyceae	EUGLENOPHYTA Euglenophyceae	Prasinophyceae Euglenophyceae	
CHRYSTOPHYTA Chrysophyceae Bacillariophyceae Xanthophyceae	CHRYSTOPHYTA Chrysophyceae Bacillariophyceae Xanthophyceae	CHROMOPHYTA Bacillariophyceae Chrysophyceae Dictyochophyceae Prymnesiophyceae	CHROMOPHYTA Euglenophyceae Dinophyceae Cryptophyceae Chrysophyceae
PYRROPHYTA Desmodontae Dinophyceae	PYRROPHYTA Desmodontae Dinophyceae	Dinophyceae Cryptophyceae Raphidophyceae Xanthophyceae Eustigmatophyceae	Prymnesiophyceae Bacillariophyceae Raphidophyceae Xanthophyceae Eustigmatophyceae
	CHLORO- MONADOPHYTA		
	CRYPTOPHYTA		

ในการศึกษาของ Jeffrey and Vesk (1997) ได้แบ่งกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชต่าง ๆ เป็นดังนี้

1. บาซิลลารีโอไฟตา (Bacillariophyta)

มีรูปร่างกลม หรือคล้ายเหรียญ อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวหรือเป็นสาย มีขนาด 2 –200 ไมครอน (ไมโครเมตร หรือ μm) มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-ซี 2 เบตา-เบตาแคโรทีน (β, β - carotene) ฟูโคแซนธิน ไดอะไดแซนธิน ไดอะไดโนแซนธิน อาจพบคลอโรฟิลล์-ซี 2 ได้บ้าง ส่วนคลอโรฟิลล์-ซี 3 พบได้น้อยมากในแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้ การสะสมอาหารจะอยู่ในรูป

คาร์โบไฮเดรตประเภทคริสโตลามินาริน (Chrysolaminarin) และน้ำมัน มีคลอโรพลาสต์ 1 อัน หรือมากกว่า มีไทลาคอยด์ 3 อัน เปลือกหุ้มส่วนใหญ่เป็นซิลิกา ไม่มีแฟลกเจลลา ยกเว้นในช่วงระยะเพศผู้ ปกติจะมีสีส้มจนถึงสีน้ำตาล

2. ไดโนไฟตา (Dinophyta)

ส่วนใหญ่มักพบเป็นเซลล์เดี่ยว มีขนาด 2–200 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-ซี 2 เบตา-เบตาแคโรทีน เพรดิโนน ไดโนแซนธิน และโคอะไดโนแซนธิน การสะสมอาหารอยู่ในรูปแป้งและน้ำมัน มีคลอโรพลาสต์ 1 อัน หรือมากกว่า มีไทลาคอยด์ 2-3 อัน มีแฟลกเจลลา 2 เส้น มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่เซลล์มีสีน้ำตาลแดง

3. พรินนิซิโอไฟตา (Prymnesiophyta) หรือแฮพโทไฟตา (Haptophyta)

เป็นเซลล์เดี่ยวมีรูปร่างกลมหรือรี มีขนาด 5–20 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-ซี 2 เบตา-เบตาแคโรทีน คลอโรฟิลล์-ซี 3 ฟูโคแซนธิน, 19-เฮซานอยโรซีฟุโคแซนทิน (19'-Hexanoyloxyfucoxanthin) 19-บูทานอยโรซีฟุโคแซนทิน (19' - Butanoyloxyfucoxanthin) โคอะไดโนแซนธิน และโคอะไดโนแซนธิน การสะสมอาหารจะอยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรตประเภทคริสโตลามินาริน มีคลอโรพลาสต์ 1-2 อัน มีไทลาคอยด์ 3 อัน มีแฟลกเจลลา 2 เส้น ส่วนใหญ่เซลล์มีสีทองถึงสีน้ำตาลทอง

4. คริสโตไฟตา (Chrysophyta)

มีรูปร่างกลมหรือรี ในพวกคอคคอยด์ มีขนาด 2-3 ไมครอน และในพวกซิลิโคแฟล็กเจลเลต (Silicoflagellates) มีขนาด 20-100 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-ซี 2 ฟูโคแซนธิน 19-บูทานอยโรซีฟุโคแซนทิน โคอะไดโนแซนธิน และพบวิโอลาแซนธิน (Violaxanthin) ในบางชนิด การสะสมอาหารจะอยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรตประเภทคริสโตลามินาริน และไขมัน มีคลอโรพลาสต์ 1-2 อัน มีไทลาคอยด์ 3 อัน มีแฟลกเจลลา 1-2 เส้น หรือไม่มี ส่วนใหญ่เซลล์มีสีทอง

5. ราฟฟิโดไฟตา (Raphidophyta)

มีรูปร่างกลมหรือรี มีขนาด 30-100 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-ซี 2 ฟูโคแซนธิน เบตา-เบตาแคโรทีน และวิโอลาแซนธิน การสะสมอาหารจะอยู่ในรูปไขมัน มีไทลาคอยด์ 3 อัน มีแฟลกเจลลา 2 เส้น ส่วนใหญ่เซลล์มีสีทองถึงสีน้ำตาลทอง

6. คริปโตไฟตา (Cryptophyta)

เป็นเซลล์เดี่ยว มีรูปร่างรี มีขนาด 6-20 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือคลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-ซี เบตา-เบตาแคโรทีน ออลโลแซนธิน (Alloxanthin) และโมนาโดแซนธิน

(Monadoxanthin) การสะสมอาหารจะอยู่ในรูปแป้ง มีคลอโรพลาสต์ 1-2 อัน มีแฟลกเจลลา 2 เส้น มีสีแดงหรือน้ำเงินเขียว ขึ้นอยู่กับว่ามีไฟโคอิริทริน หรือไฟโคไซยานิน

7. คลอโรไฟตา (Chlorophyta) หรือคลอโรไฟซี (Chlorophyceae) กับพาซิโนไฟซี (Prasinophyceae) เป็นเซลล์เดี่ยว มีรูปร่างรี มีขนาด 1-40 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-บี เบตา-แอลฟาแคโรทีน (β , ϵ - carotene) หรือเบตา-เบตาแคโรทีน ลูเทอิน วิโอตาแซนธิน ซีอะแซนธิน และนีโอแซนธิน (Neoxanthin) การสะสมอาหารอยู่ในรูปแป้ง มีคลอโรพลาสต์ 1 อัน มีไทลาคอยด์ 2-6 อัน มีแฟลกเจลลา 2, 4, 8 เส้นหรือไม่มี มีสีเขียวอ่อนถึงเข้ม

8. ยูกลีโนไฟตา (Euglenophyta)

เป็นเซลล์เดี่ยว มีรูปร่างรี มีขนาด 15-500 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-บี เบตา-เบตาแคโรทีน ไดอะไดโนแซนธิน ซีอะแซนธิน และนีโอแซนธิน การสะสมอาหารจะอยู่ในรูป พาราไมลอน (Paramylon) มีคลอโรพลาสต์ 1 อัน หรือมากกว่า มีไทลาคอยด์ 2-3 อัน มีแฟลกเจลลา 1-2 เส้น มีเซลล์สีเขียว

9. ยูสติโกมาโตไฟตา (Eustigmatophyta)

เป็นเซลล์เดี่ยว มีรูปร่างกลมหรือรี มีขนาด 2-18 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ เบตา-เบตาแคโรทีน วอเซอร์ริอะแซนธินเอสเทอร์ (Vaucheriaxanthin Ester) และ วิโอตาแซนธิน การสะสมอาหารอยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรตประเภทคริสโตลามินาริน และไขมัน มีคลอโรพลาสต์ 1 อัน มีไทลาคอยด์ 3 อัน มีแฟลกเจลลา 1 เส้น หรือไม่มี มีเซลล์สีเหลืองเขียว

10. โรโดไฟตา (Rhodophyta)

เป็นเซลล์เดี่ยว หรือเป็นกลุ่ม มีรูปร่างกลม มีขนาด 5-15 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ คลอโรฟิลล์-บี เบตา-แอลฟาแคโรทีน เบตา-เบตาแคโรทีน ลูเทอิน ซีอะแซนธิน และคริปโตแซนธิน (Cryptoxanthin) การสะสมอาหารอยู่ในรูปแป้งฟลอรีเดียน (Floridean) มีคลอโรพลาสต์ 1 อัน มีไทลาคอยด์ 1 อัน ไม่มีแฟลกเจลลา มีเซลล์สีแดงเข้มถึงสีม่วง

11. ไซยาโนไฟตา (Cyanophyta)

เป็นเซลล์เดี่ยวทรงกลม อยู่เป็นสายหรือเป็นกลุ่ม มีขนาด 1 ไมครอน - 2 มิลลิเมตร มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์-เอ เบตา-เบตาแคโรทีน ซีอะแซนธิน และไฟโคบิลิโพรตีน (C-Phycocyanin Allophycocyanin Allophycocyanin-B C-Phycocerythrin R-Phycocerythrin และ Phycocerythrincyanin) การสะสมอาหารจะอยู่ในรูปโพลิกลูแคน (Polyglucan) และ ไซยาโนไฟซิน (Cyanophycin) ไม่มีคลอโรพลาสต์ มีไทลาคอยด์อยู่ในไซโตพลาสซึม ไม่มีแฟลกเจลลา มีเซลล์สีน้ำเงินเขียว เทาเขียวหรือแดง

12. โปรคลอโรไฟตา (Prochlorophyta)

เป็นเซลล์เดี่ยวทรงกลม หรืออยู่เป็นสาย มีขนาด 0.5 - 25 ไมครอน มีรงควัตถุหลักคือ คีโวนิลคลอโรฟิลล์-เอ (Divinyl Chlorophyll -a) คีโวนิลคลอโรฟิลล์-บี (Divinyl Chlorophyll -b) MgDVP เบตา-แอลฟาแคโรทีน เบตา-เบตาแคโรทีน และซีอะแซนธิน ไม่มีคลอโรพลาสต์ ไม่มีแฟลกเจลลา มีเซลล์สีเขียวอ่อน

รงควัตถุที่พบในกลุ่มหลักของแพลงก์ตอนพืชที่พบตามเอกสารของ Jeffrey and Vesk (1997) แสดงในตารางที่ 2-3 และการแบ่งกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชตามขนาดของเซลล์แสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-3 รงควัตถุที่พบในกลุ่มหลักของแพลงก์ตอนพืชที่พบในทะเล (คัดแปลงจาก Jeffrey & Vesk, 1997)

Pigment	Cyanophyta	Chlorophyta	Bacillariophyta	Dinophyta
Chlorophylls				
Chlorophyll- <i>a</i>	+++	+++	+++	+++
Chlorophyll- <i>b</i>	-	+++	-	-
Chlorophyll- <i>c</i> ₁	-	-	+++	-
Chlorophyll- <i>c</i> ₂	-	-	+++	+++
Carotenes				
β,ε -Carotene	-	+	-	-
β,β -Carotene	++	++	+	+
Diadinoxanthin	-	-	++	++
Diatoxanthin	-	-	++	++
Dinoxanthin	-	-	+++	-
Fucoxanthin	-	-	+++	-
Lutein	-	+++	-	-
Neoxanthin	-	+++	-	-
Peridinin	-	-	-	+++
Violaxanthin	-	+++	-	-
Zeaxanthin	+++	++	-	-
Allophycocynin	+++	-	-	-
Phycocyanin	+++	-	-	-
Phycoerythrin	+++	-	-	-

หมายเหตุ +++ คือ รงควัตถุหลัก (>10%)

++ คือ รงควัตถุรอง (1-10%)

+ คือ รงควัตถุที่มีน้อย (<1%)

ตารางที่ 2-4 ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่แบ่งตามขนาด (Jeffrey & Vesk, 1997)

Algal Division/Class	Microplankton 20-200 ไมครอน	Nanoplankton 2-20 ไมครอน	Picoplankton 0.2-2 ไมครอน
Bacillariophyta	+	+	+
Chlorophyta	+	+	+
Chrysophyceae	+	+	+
Cryptophyta	+	+	-
Cyanophyta	+	+	+
Dinophyta	+	+	-
Euglenophyta	+	-	-
Eustigmatophyta	-	+	-
Prasinophyta	+	+	+
Prochlorophyta	+	+	+
Prymnesiophyceae	-	+	-
Raphidophyceae	+	-	-
Rhodophyta	-	+	-

หมายเหตุ + คือ มี
- คือ ไม่มี

ประโยชน์ของแพลงก์ตอนพืช

1. เป็นองค์ประกอบเบื้องต้นของโซ่อาหาร (Food Chain) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ โซ่อาหารอาจยาวหรือสั้นก็ได้ขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำ เช่น มหาสมุทร (Oceanic Water) จะมีโซ่อาหารยาวถึง 7 ลำดับชั้น แถบชายฝั่งทะเลช่วงโซ่อาหารจะสั้นลงเหลือเพียง 4 ลำดับชั้น ส่วนชายฝั่งที่มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์มาก หรือบริเวณน้ำผุด (Upwelling) ได้แก่ ชายฝั่งทะเลประเทศเปรู จะมีห่วงโซ่อาหารสั้นเพียง 2 - 3 ลำดับชั้นเท่านั้น (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)
2. เป็นตัวชี้ (Indicator) ระดับความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ มีการวัดในลักษณะของปริมาณคลอโรฟิลล์ซึ่งไปมีผลสัมพันธ์กับปริมาณการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช หรือเป็นการวัดผลผลิตเบื้องต้น (Primary Productivity) วัดอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และการวัดเป็นหน่วยพลังงาน (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)
3. ช่วยควบคุมความเป็นกรด - ด่างของน้ำ โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่มีในแพลงก์ตอนพืช (สมถวิล จริตควร, 2540)
4. ทำให้เกิดการหมุนเวียนของแร่ธาตุ และสารอาหารต่าง ๆ เช่น สารฟอสฟอรัส และไนโตรเจน เป็นต้น (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532)
5. เป็นตัวชี้การไหลของกระแสน้ำ (Currents) ในทะเลและมหาสมุทร นิยมใช้แพลงก์ตอนพืชที่มีขนาดใหญ่เป็นตัวบ่งชี้ เช่น ไดอะตอมทะเลชนิด *Thalassiosira hyaline* มักพบได้ในบริเวณที่มีกระแสน้ำเย็นจากขั้วโลกไหลผ่าน เป็นต้น (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)
6. ชนิดของแพลงก์ตอนพืชเป็นตัวชี้ความอุดมสมบูรณ์ของน้ำธรรมชาติ ในทะเลที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์ เช่น บริเวณใกล้ฝั่งที่มีน้ำผุดของประเทศเปรู มักจะพบไดอะตอมในสกุล *Thalassiosira* และ *Chaetoceros* แต่ถ้าบริเวณห่างจากฝั่งของประเทศเปรู ซึ่งเป็นบริเวณที่มีแร่ธาตุอาหารต่ำและมีสัตว์น้ำน้อย จะพบไดอะตอมสกุล *Rhizosolenia* และ *Planktoniella* เป็นต้น (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)
7. ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชตรวจสอบมลภาวะ (Pollution) ของแหล่งน้ำใช้ได้ผลดีกับมลภาวะที่เกิดจากสารอินทรีย์ (Organic Pollutant) แพลงก์ตอนพืชหลายชนิด เช่น *Euglena viridis*, *Nitzschia palea*, *Oscillatoria limosa*, *Scenedesmus quadricauda* และ *Oscillatoria tenuis* เป็นแพลงก์ตอนที่เป็นดัชนี (Index) 5 อันดับแรก ที่แสดงว่าเกิดมลภาวะจากสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ (Palmer, 1969 อ้างถึงใน ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544) หรือใช้ค่าดัชนีความหลากหลาย (Diversity Index) ซึ่งคิดได้จากข้อมูลจำนวนชนิดแพลงก์ตอน ปริมาณของแพลงก์ตอนแต่ละชนิด ประเมินสภาวะมลพิษในแหล่งน้ำที่ต้องการศึกษา โดยมีหลักการง่าย ๆ ว่าในแหล่งน้ำปกติจะมีแพลงก์ตอนมากชนิด และปริมาณของแต่ละชนิดจะมีไม่มาก ในทางตรงข้ามหากน้ำเกิดมลภาวะ

จำนวนชนิดแพลงก์ตอนจะลดลงเหลือเพียง 2 – 3 ชนิด หรือเหลือเพียงชนิดเดียว และมีจำนวนมากมาย ดังเช่น การเกิดปรากฏการณ์ขึ้นบลาวาฟ มีการบลูมของแพลงก์ตอนพืช (Water Bloom) การเกิดน้ำแดง (Red Water, Brown Water)

8. ใช้ในอุตสาหกรรม มีการนำแพลงก์ตอนมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยมีการใช้ทั้งในรูปของแพลงก์ตอนที่มีชีวิต (Live Form) และใช้ในรูปแบบของซากที่ทับถมกันเป็นเวลานาน (Fossil) เช่น

8.1 ใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยนำมาเพาะเลี้ยงเป็นอาหารสำหรับอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน เช่น คลอเรลลา (*Chlorella* sp.) สไปรูลีนา (*Spirulina* sp.) สเกลโตนีมา (*Skeletonema* sp.) และ คีโตเซอรอส (*Chaetoceros* sp.) ฯลฯ สำหรับอนุบาลลูกกุ้งวัยอ่อน (ขวัญเรือน ปิ่นแก้ว, อมรรัตน์ ชมรุ่ง, ณัฐวุฒิ เหลืองอ่อน และปิยะวรรณ ศรีวิลาส, 2540)

8.2 ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ เช่น สไปโรไจรา (*Spirogira* sp.) ซึ่งเป็นสาหร่ายที่กินในประเทศทางแถบอินโดจีน เช่น พม่า อินเดีย ฯลฯ ใช้เป็นอาหารหลัก และดูนาเลียเอลลา (*Dunaliella* sp.) มีการนำมาสกัดเป็นอาหาร

8.3 ใช้ทำยา และผลิตภัณฑ์เสริมความงาม สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด โดยเฉพาะสไปรูลีนาจะให้สารประกอบที่ใช้รักษาโรค เช่น ความดันโลหิตสูง โลหิตจาง โรคภูมิแพ้ มะเร็งในช่องปาก ไขมันในโลหิตสูง เป็นต้น

8.4 ซากที่เหลือของผนังเซลล์ไคอะตอม ที่ตายทับถมกันมานานนับหลายล้านปี ที่เรียกว่า ไคอะโตไมท์ (Diatomite) ไคอะโตมาเซียสเอิร์ธ (Diatomaceous Earth) ซึ่งประกอบด้วยซิลิกอนไดออกไซด์ ประมาณร้อยละ 95 สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องกรองน้ำยาต่าง ๆ ได้ดี เนื่องจากว่าไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่กรอง สามารถใช้เป็นฉนวนกันความร้อนในอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หม้อต้มน้ำ และเตาเผาที่ใช้ความร้อนสูง และใช้เป็นผงขัดเงาโลหะต่าง ๆ

8.5 แพลงก์ตอนพืชหลายกลุ่ม เช่น แพลงก์ตอนในคลาสคริสโตไฟซีโดยเฉพาะในกลุ่มคอคโคลิโธโฟไรด์ (Coccolithophorids) สาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด เมื่อตายทับถมกันจะให้สารพวกหินปูน (Carbonate Rock) นำไปใช้ประโยชน์ในโรงงาน อุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น เซรามิก วัสดุปูนกรอง ซีเมนต์ พลาสติก ยาง และสี เป็นต้น

8.6 ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมัน โดยแพลงก์ตอนพืชบางชนิดสามารถสร้างเคโรเจน (Kerogen) ซึ่งเป็นสารประกอบเคมีประเภท ไฮโดรคาร์บอน ที่ส่วนใหญ่จะมีไขมันเป็นองค์ประกอบ สารประกอบเคโรเจนนี้ต่อไปจะเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำมันปิโตรเลียมได้โดยขบวนการธรรมชาติ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ตามชั้นหินที่มีซากเหลือของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่สะสมอาหารประเภทน้ำมัน ได้แก่ กลุ่มคอคโคลิโธโฟไรด์ และไคอะตอม

9. ใช้เพื่อการศึกษาและทดลองทางวิทยาศาสตร์ ได้มีการนำแพลงก์ตอนที่เลี้ยงได้ง่ายในห้องปฏิบัติการมาทำการศึกษา และทดลองทางด้าน ชีววิทยา สรีรวิทยา และพิษวิทยา ได้แก่ คลอเรลลา เป็นต้น (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544)

ปัจจัยในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

1. ปริมาณธาตุอาหาร (Nutrients) ในน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลได้โดยตรงต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับธาตุอาหารที่เป็นตัวหลักได้แก่ ไนโตรเจน และ ฟอสเฟต จากการศึกษาของ ชีรพร สุระตระกูล (2540) ที่ทำการเลี้ยง *Noctiluca scintillans* จะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อเติมโซเดียมไนเตรท ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ความเข้มข้น 1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ในกลุ่มไดอะตอม ซิลิกาเป็นธาตุสำคัญที่ใช้ในการสร้างเปลือกถึงร้อยละ 95 ที่เหลือเป็นเพคติน (Pectin) อันมีผลต่อการเจริญของรูปร่างของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มนี้ (สมถวิล จริตควร, 2540)

2. ปริมาณแสง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช มีผลต่อการเจริญได้โดยตรง ดังในการศึกษาของสรวิศ เผ่าทองสุข, สุชนา วิเศษสังข์ และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต (2538) และในการศึกษาของจินตนา คาราราย, สมเกียรติ ปิยะธีรธิตวิรกุล, สุชนา วิเศษสังข์ และเปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต (2538)

3. ฤดูกาล เป็นส่วนสำคัญในการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช โดยมีอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพาในช่วงฤดูฝน ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นในฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนในเช่น จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี เป็นต้น และได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยเช่น จังหวัดชลบุรี ระยอง ตรัง เป็นต้น (สุนีย์ สุวภักดิ์, 2527) โดยที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะเกิดในช่วงเดือนมิถุนายน - กันยายน ทำให้เกิดกระแสน้ำที่ไหลไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณเส้นรุ้ง 14'-21' น. โดยที่กระแสน้ำจะปรากฏช่วงเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม และเดือนกันยายนเป็นช่วงที่เปลี่ยนแปลงฤดูกาล ส่วนลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เกิดในช่วงเดือนพฤศจิกายน - มีนาคม ทำให้เกิดกระแสน้ำที่ไหลไปทางตะวันตกเฉียงใต้ โดยที่กระแสน้ำจะปรากฏในเดือนตุลาคม กุมภาพันธ์ และระหว่างเดือนมีนาคม - เมษายน เป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล (วิโรจน์ พินโยภรณ์, 2529)

4. อุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิมีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชโดยที่อุณหภูมิจะมีผลต่อระบบเมตาบอลิซึม (Metabolism) ภายในเซลล์ และอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการทางเคมีในน้ำทะเล อุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มแสง ถ้ามีปริมาณของ

ความเข้มแสงมาก ก็จะทำให้คว้าน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามสภาพอากาศและฤดูกาล แพลงก์ตอนพืชแต่ละกลุ่มจะมีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต (2543) ได้กล่าวว่า ไคอะตอมเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 20 – 28 องศาเซลเซียส สาหร่ายสีเขียวเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียส พวกไดโนแฟลกเจลเลตและสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวจะเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 34 - 35 องศาเซลเซียส จากการศึกษาของ Anderson (1998) ได้รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงจาก 4 องศาเซลเซียส เป็น 21 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการบลูมของ *Alexandrium tamarense*

5. ความเค็ม ระดับความเค็มของน้ำจะแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ เช่น ในแหล่งน้ำกร่อยที่จะมีระดับความเค็มต่ำไปจนถึงมหาสมุทรที่เป็นทะเลเปิดซึ่งมีความเค็มสูง แพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดก็จะมีสามารถในการเจริญเติบโตและแพร่กระจายได้แตกต่างกันไปตามระดับของความเค็ม เพราะแพลงก์ตอนพืชจะมีความทนทานต่อความเค็มได้ไม่เท่ากัน ลัดดา วงศ์รัตน์ (2544) ได้กล่าวว่านาโนแฟลกก์ตอน สามารถอยู่ได้ในความเค็มต่ำถึง 5 ppt หรือเมื่อระดับความเค็มสูงถึง 35 ppt พวกไคอะตอมและไดโนแฟลกเจลเลตจะไม่สามารถปรับตัวต่อแรงดันออสโมติกได้ เซลล์จะโค้งงอ หรือแตกเมื่อความเค็มสูงหรือต่ำลงมาก ๆ

6. ความเป็นกรด - ด่าง (pH) โดยทั่วไปแพลงก์ตอนพืชจะเจริญได้ดีที่ความเป็นกรด - ด่าง ในช่วง 8.0 - 8.2 ในการศึกษาของธีรพร สุระระภูต (2540) พบว่า *Noctiluca scintillans* จะเจริญเติบโตได้ดีที่ความเป็นกรด - ด่าง ประมาณ 8 สำหรับในกลุ่มสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและกลุ่มสีเขียวจะเจริญได้ดีในช่วงความเป็นกรด - ด่าง ในช่วง 9 -10 การสังเคราะห์แสงจะทำให้ความเป็นกรด - ด่าง เพิ่มขึ้นซึ่งจะตรงกันข้ามกับการหายใจที่มีผลทำให้ความเป็นกรด - ด่าง ลดลง (มุสดี ศรีพยัคฆ์, 2529)

7. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อันเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตอยู่ได้ของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป สำหรับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีระดับความมากน้อยแตกต่างกันไปได้หลายอย่างขึ้นอยู่กับปัจจัยอย่างอื่นมาประกอบ เช่น อุณหภูมิของน้ำ ความเค็ม ความเป็นกรด - ด่าง ความกดของอากาศ ความเร็วของกระแส น้ำ การใช้ออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เป็นต้น โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเลมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับ 1 - 6 มิลลิกรัมต่อลิตร (สมถวิล จริตควร, 2540)

8. ความขุ่นใสของน้ำ เป็นปัจจัยอีกอันที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช ความขุ่นใสจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่จะส่องลงไปในน้ำที่มีแพลงก์ตอนพืชอยู่ แสงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างมากในการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช นอกจากนี้สภาพของท้อง

ฟ้าที่ปลอดโปร่ง หรือมีเมฆจะมีผลต่อความเข้มแสงที่ส่องลงมาด้วยอีกเช่นกัน (พิชาญ สุว่างวงศ์ และคณะ, 2541)

9. น้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งเกิดจากอิทธิพลจากแรงดึงดูดของโลกและดวงจันทร์ มีผลต่อการผสมกันของมวลน้ำ มีการนำเอาสารอาหารจากพื้นทะเลขึ้นมาสู่บริเวณผิวน้ำ จากการศึกษาของ ชูติมา จิตระเบียบ (2535) พบว่าในช่วงข้างขึ้นซึ่งเป็นน้ำขึ้นจะมีปริมาณของแพลงก์ตอนพืชมากกว่าในช่วงที่เป็นข้างแรมซึ่งเป็นช่วงจังหวะน้ำลง

10. ระดับความลึกของน้ำ มีผลต่อปริมาณของแสงที่จะส่องลงไปรวมทั้งปริมาณของธาตุอาหารที่แพลงก์ตอนพืชจะได้รับ (Sze, 1998)

การประเมินค่าผลผลิตเบื้องต้น

1. การนับเซลล์ (Counter Method)

การนับเซลล์สาหร่ายเพื่อประเมินอัตราการเจริญเติบโต สามารถกระทำได้โดยใช้เครื่องนับเม็ดเลือดที่เรียกว่า ฮีมาไซโตมิเตอร์ (Haemocytometer) ใช้นับเซลล์ที่มีขนาดเซลล์เล็กกว่า 20 ไมครอน หรือแพลงก์ตอนสัตว์ ทำโดยใช้สไลด์นับแพลงก์ตอนแบบเซดวิก - ราฟเตอร์ (Sedgewick-Rafter) หรือแบบพาล์มเมอร์ (Palmer) (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2544) ซึ่งข้อเสียของวิธีนี้คือ จะใช้เวลานานในการนับเซลล์ ต้องใช้ความชำนาญ

2. การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll Methods)

พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เป็นสัดส่วนกับอัตราการสังเคราะห์แสงโดยการสกัดคลอโรฟิลล์ด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมแล้วคำนวณปริมาณความเข้มข้นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าอัตราการผลิต (Ryther & Yentsch, 1957) พบว่าแพลงก์ตอนพืชในทะเลที่มีแสงอิมิตัว สามารถที่จะผลิตคาร์บอน 3.7 กรัมต่อชั่วโมง คลอโรฟิลล์ 1 กรัม วิธีวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใช้หลัก ๆ มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

2.1 วิธี Spectrophotometry

2.2 วิธี Fluorometry

2.3 วิธี High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)

3. การวัดออกซิเจน (Oxygen Method)

เป็นการวัดค่าอัตราการผลิตของออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสง แต่เพราะสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ นั้นมีการใช้ออกซิเจนอย่างรวดเร็วค่าที่วัดออกมาได้จึงเป็นค่าโดยประมาณ เรียกวิธีที่ใช้วัดนี้ว่า ขวดสว่างและขวดมืด (Light and Dark Bottle Method) ผลรวมของปริมาณออกซิเจนในขวดสว่าง และที่ถูกใช้ไปในขวดมืดเมื่อเปลี่ยนเป็นหน่วยพลังงานคือ ค่าอัตราการผลิตรวม วิธีนี้ทำได้

สะดวกเหมาะสำหรับสภาพแวดล้อมทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม (วราพร ศรีสุพรรณ, 2537) สำหรับความคลาดเคลื่อนของวิธีนี้มาจากการหายใจของพืชในที่มืด และที่สว่างไม่เท่ากันและวิธีนี้ก็ไม่ได้วัดอัตราการเผาผลาญบริเวณก้นบ่อ รวมทั้งจะมีการหายใจที่เพิ่มมากขึ้นในภาชนะที่เก็บ (สุนีย์ สุวภิพันธุ์, 2527)

4. การวัดโดยใช้เรดิโอไอโซโทป (Radioisotope Method)

ใช้เครื่องเรดิโอไอโซโทป (Radioisotope Tracer) เพื่อการคำนวณค่าอัตราการผลิตที่ได้ผลคือ คาร์บอนสิบสี่ (^{14}C) ในรูปของไบคาร์บอเนต เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต ($\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$) ที่ทราบปริมาณใส่ลงในน้ำตัวอย่างซึ่งทำวิธีเดียวกับวิธีขวดสว่างและขวดมืด วิธีนี้ใช้ได้เฉพาะพืชน้ำที่มีขนาดเล็ก ผลที่ได้ไม่ค่อยแน่นอน และวิธีการไม่เหมาะสมสำหรับงานสำรวจผลผลิตขั้นต้นในทะเล แต่วิธีนี้จะวัดให้ผลที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีออกซิเจน เมื่อวัดในน้ำที่ผลผลิตต่ำ (สุนีย์ สุวภิพันธุ์, 2527)

มลพิษที่เกิดจากแพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืชที่มีอยู่ทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเลมีกลุ่มที่เป็นชนิดเด่น ๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี และบางชนิดสร้างสารพิษเป็นภัยต่อสิ่งมีชีวิตซึ่งสามารถเกิดได้ในทุกแหล่งน้ำในโลก เช่น เกิดการบลูมของ *Chattonella antiqua* ในประเทศญี่ปุ่น มีผลทำให้ปลาที่เลี้ยงไว้ในกระชังบริเวณชายฝั่งตายเนื่องจากเหงือกถูกทำลาย *Chattonella* อีกชนิดคือ *C. marina* สร้างผลกระทบต่อการเลี้ยงปลาทูน่าครีบน้ำเงิน *Thunnus maccoyii* ในกระชังบริเวณชายฝั่งประเทศออสเตรเลียตอนใต้ (อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และฉนิษฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, 2546) สำหรับในประเทศไทยการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี มีรายงานครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2495 โดยกล่าวไว้ว่าน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทยได้เปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง เขียว และน้ำตาล ซึ่งแตกต่างไปจากน้ำทะเลสีปกติ แล้วก็มีรายงานต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน โดยเกิดขึ้นบ่อยมากกว่าเดิม แทบทุกฤดูกาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝนจะพบว่ามีปริมาณมากกว่า มักพบในบริเวณชายฝั่งและปากแม่น้ำในบริเวณอ่าวไทย ชนิดที่พบได้เสมอคือ *Noctiluca scintillans*, *Ceratium furca* ซึ่งอยู่ในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต และ *Tricodesmium erythraeum* อยู่ในกลุ่มไซยาโนไฟตา นอกจากนี้ที่มีรายงานว่าสาเหตุให้เกิดขึ้นในประเทศไทย เช่น *Skeletonema* sp., *Chaetoceros* sp., *Rhizosolenia* sp., *Nitzschia* sp., *Thalassiosira* sp., *Dinophysis* sp. และ *Bacteriastrium* sp. เป็นต้น (สมภพ รุ่งสุภา และคณะ, 2546) ได้มีความพยายามเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชที่เกิดพิษเพื่อศึกษาสารพิษที่แพลงก์ตอนสร้างออกมา เช่น *Protogonyaulax tamarensis* และ *P. cohorticula* เป็นต้น พบว่าสารพิษมีองค์ประกอบของ GTX-1 อยู่เป็นส่วนใหญ่ถึงประมาณร้อยละ 80 (สุนีย์ สุวภิพันธุ์, 2538)

เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC)

HPLC เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ และแยกสารได้เกือบทุกชนิด HPLC เป็นเครื่องมือที่มีความไว (Sensitivity) สูง สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะสารที่ไม่ระเหย และไม่คงตัวต่อความร้อน (จิรภรณ์ อังวิยาธร, 2539) HPLC ทฤษฎีพื้นฐานของ HPLC นั้นเริ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1958 และพัฒนาเรื่อยมาในปี ค.ศ. 1970 Csaba Horvath ได้คิดบัญญัติคำว่า High Performance Liquid Chromatography (วารภรณ์ ลิขิตพัฒน์ไพบุลย์, 2538) ได้มีการพัฒนามาจากวิธีโครมาโทกราฟีแบบของเหลวที่จะนิยมใช้คอลัมน์แก้วขนาดความยาว 50 - 500 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 - 5 เซนติเมตร ส่วนอนุภาคที่อยู่ภายในคอลัมน์ขนาดที่เหมาะสมในการใช้จะอยู่ในช่วง 150 - 200 ไมโครเมตร เพื่อให้เฟสเคลื่อนที่ไหลผ่านคอลัมน์นี้ไปได้ โดยมีอัตราการไหลผ่านไม่ถึง 1 มิลลิลิตรต่อนาที ทำให้การแยกสารต้องใช้ระยะเวลานานหลายชั่วโมง จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ โดยมีการนำปั๊ม (Pump) หรือเครื่องสูบลมมาช่วยเร่งให้การไหลดีขึ้น แต่ผลที่ได้ไม่ค่อยดี เพราะเมื่ออัตราการไหลเร็วขึ้นกลับทำให้ประสิทธิภาพการแยกจะไม่ดี ต่อมาในราวปี ค.ศ. 1969 จึงได้คิดที่จะพัฒนาในส่วนของคอลัมน์โดยลดขนาดของอนุภาค (Packing Material) ที่บรรจุอยู่ภายในลงให้เหลือประมาณ 3 - 10 ไมโครเมตร ควบคู่ไปกับการใช้เครื่องปั๊มพิเศษที่มีแรงดันสูง (High Pressure Pump) และยังมีเครื่องมือประกอบอื่น ๆ เข้ามาช่วย ข้อดีของ HPLC ที่เหนือกว่า โครมาโทกราฟีแบบของเหลวชนิดอื่น ๆ นอกเหนือไปจากประสิทธิภาพที่สูงกว่าในการแยกสารได้อย่างถูกต้องเที่ยงตรง มีความไวสูง ที่สำคัญคือใช้เวลาน้อยและตัวอย่างของสารที่ต้องการแยกแม้มีปริมาณน้อยก็สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ กลไกการแยกของ HPLC จะเหมือนกับหลักการวิธีโครมาโทกราฟีแบบของเหลวแบบเดิม จะแตกต่างกันเฉพาะในส่วน of เครื่องมืออุปกรณ์ และเทคนิคการปฏิบัติเท่านั้น HPLC มีการนำไปใช้งานทั้งทางด้านการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) นำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายด้าน เช่น ด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ วิทยาศาสตร์หลายสาขา เกษตรศาสตร์ ตัวอย่างของสารเหล่านั้น ได้แก่ กรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิก ไฮโดรคาร์บอน คาร์โบไฮเดรต ยา เทอร์พีนอย สารกำจัดศัตรูพืช และสัตว์ แอนติไบโอติก สารโลหะอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ เป็นต้น (วารภรณ์ ลิขิตพัฒน์ไพบุลย์, 2538)

เทคนิคโครมาโทกราฟี

โครมาโทกราฟี เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารเคมีที่ละลายได้ในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ เมื่อสารเคมีนั้นรวมกันอยู่ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2538) ออกจากกันโดยอาศัยความแตกต่างของการกระจายตัวของสารตัวอย่างไประหว่างสองเฟส คือ เฟสเคลื่อนที่ (Moving or Mobile Phase) ซึ่งอาจเป็นแก๊ส (Gas) หรือของเหลวกับเฟสอีกเฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (Stationary Phase) อาจเป็นของแข็ง (Solid) หรือของเหลว (Liquid) ที่ล้อมรอบวัสดุช่วยพยุง (Inert Supporting Material) ที่บรรจุในคอลัมน์ หรือเคลือบแผ่นกระดาษ (TLC) หรือเคลือบบนกระดาษ (Paper Chromatography) เฟสอยู่กับที่ทำหน้าที่ในการแยกสารหรือองค์ประกอบของสารตัวอย่าง ออกจากกัน ขึ้นอยู่กับความจำเพาะเจาะจงของสารตัวอย่าง ที่มีต่อเฟสอยู่กับที่ เฟสเคลื่อนที่ทำหน้าที่ในการชะล้างหรือพาสารเคลื่อนที่ผ่านเฟสอยู่กับที่ ขณะที่เฟสเคลื่อนที่กำลังเคลื่อนผ่านเฟสอยู่กับที่ องค์ประกอบหรือสารชนิดต่าง ๆ ในสารตัวอย่างจะมีการเคลื่อนที่ผ่านเข้าและออกระหว่างเฟสทั้งสองหลาย ๆ ครั้ง หรือมีการหน่วงเหนี่ยว (Retention) ไว้ในเฟสอยู่กับที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีขององค์ประกอบหรือสารแต่ละชนิดที่อยู่ในสารตัวอย่างที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อเฟสทั้งสอง จากความแตกต่างนี้ทำให้สารแต่ละชนิดจะเคลื่อนที่ผ่านเฟสอยู่กับที่ในอัตราความเร็วที่แตกต่างกัน ทำให้มีการแยกเกิดขึ้น และเมื่อองค์ประกอบของสารตัวอย่างเคลื่อนที่ผ่านจนหลุดออกมาจากระบบโครมาโทกราฟีจะเรียกว่าถูกอีลูต (Eluted) หรือถูกชะออกมา ระยะเวลาที่สารแต่ละชนิดใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านเฟสอยู่กับที่ (Retention Time) หรือตำแหน่งของพีก (Peak) ที่ปรากฏบนโครมาโทแกรม (Chromatogram) สามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านการวิเคราะห์เชิงคุณภาพที่เรียกว่าการตรวจเอกลักษณ์ โดยเปรียบเทียบตำแหน่งหรือเวลาที่สารตัวอย่างเคลื่อนที่ผ่านเฟสอยู่กับที่กับตำแหน่งเวลาของสารมาตรฐานที่ได้จากกระบวนการโครมาโทกราฟีในสถานะเดียวกัน และพื้นที่ใต้พีกหรือความสูงของพีกใช้ประโยชน์ด้านวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยเปรียบเทียบตัวอย่างที่ได้กับพื้นที่ใต้พีกหรือความสูงของพีกของสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (พวงแก้ว ลัคนทินพร, 2539)

การจำแนกวิธีการของโครมาโทกราฟี

การจำแนกวิธีการ หรือเทคนิคของโครมาโทกราฟีทำได้หลายแบบ ที่นิยมกันมากคือการจำแนกโดยใช้รูปแบบของเฟสเคลื่อนที่เป็นหลัก คือถ้าเฟสเคลื่อนที่เป็นแก๊ส เรียกว่า แก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) และถ้าใช้เฟสอยู่กับที่เป็นของแข็งด้วยจะเรียกว่า แก๊สโครมาโทกราฟีแบบของแข็ง (Gas - Solid Chromatography, GSC) ถ้าเฟสอยู่กับที่เป็นของเหลว เรียกว่า แก๊สโครมาโทกราฟีแบบของเหลว (Gas - Liquid Chromatography, GLC) เฟสเคลื่อนที่

แบบต่อมาจะเป็นของเหลว เรียกว่า ลิกวิดโครมาโทกราฟี (Liquid Chromatography, LC) และถ้าเฟสเคลื่อนที่เป็นของไหลยวดยิ่ง เรียกว่า ซุปเปอร์คริติคัลฟลูอิดโครมาโทกราฟี (Supercritical Fluid Chromatography) โครมาโทกราฟี ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวยังจำแนกย่อยออกตามอันตรกิริยา (Interaction) ที่ทำให้เกิดการแยกได้อีกหลายประเภท (พวงแก้ว ลัคนทินพร, 2539) เช่น โครมาโทกราฟีแบบของเหลว - ของเหลว (Liquid - Liquid Chromatography, LLC) ไอออนโครมาโทกราฟี (Ion - Chromatography, IC) เป็นต้น (วราภรณ์ ลิขิตพัฒน์ไพบูลย์, 2538)

หลักการของHPLC

HPLC เป็นเทคนิคโครมาโทกราฟีที่พัฒนามาจากระบบโครมาโทกราฟีของเหลวแบบธรรมดาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยการใช้ลูกสูบ คุณภาพสูงอัดเฟสที่เคลื่อนที่ ซึ่งเป็นของเหลวด้วยความดันสูงเพื่อช่วยให้ของเหลวไหลได้เร็วขึ้น (นิพนธ์ ดังคนานุรักษ์, สมชาย เอื้อพัฒนากุล และคณะ ดังคนานุรักษ์, ม.ป.ป.) เฟสคงที่ ที่ใช้เรียกว่า Microparticulate Column Packing พบว่าขนาดของเฟสคงที่ ยิ่งมีขนาดเล็กจะยิ่งทำให้มี ประสิทธิภาพในการแยกสารได้ดีขึ้นเพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากเกิดแรงกระทำกับสารผสมได้ดี โดยที่นิยมใช้กันมากเป็นซิลิกา ถ้าใช้เฟสคงที่หลายชนิดรวมกันเรียกว่า Bonded Phase ภายใต้สภาวะดังกล่าวทำให้โครมาโทกราฟีของเหลวมีประสิทธิภาพสูง แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. Normal Phase HPLC

หลักการแยก : โครมาโทกราฟีแบบ Normal Phase HPLC นั้น จะเป็นการแยกบน Bonded Phase ที่ใช้เป็นเฟสคงที่ ที่มีสภาพขั้ว (Polar Group) มากกว่าเฟสเคลื่อนที่ เมื่อทำการแยกสารที่มีสภาพขั้วน้อยจะผ่านออกมาก่อน และถ้าเพิ่มสภาพขั้วของเฟสเคลื่อนที่ให้สูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการหน่วงเหนี่ยวจะลดลง

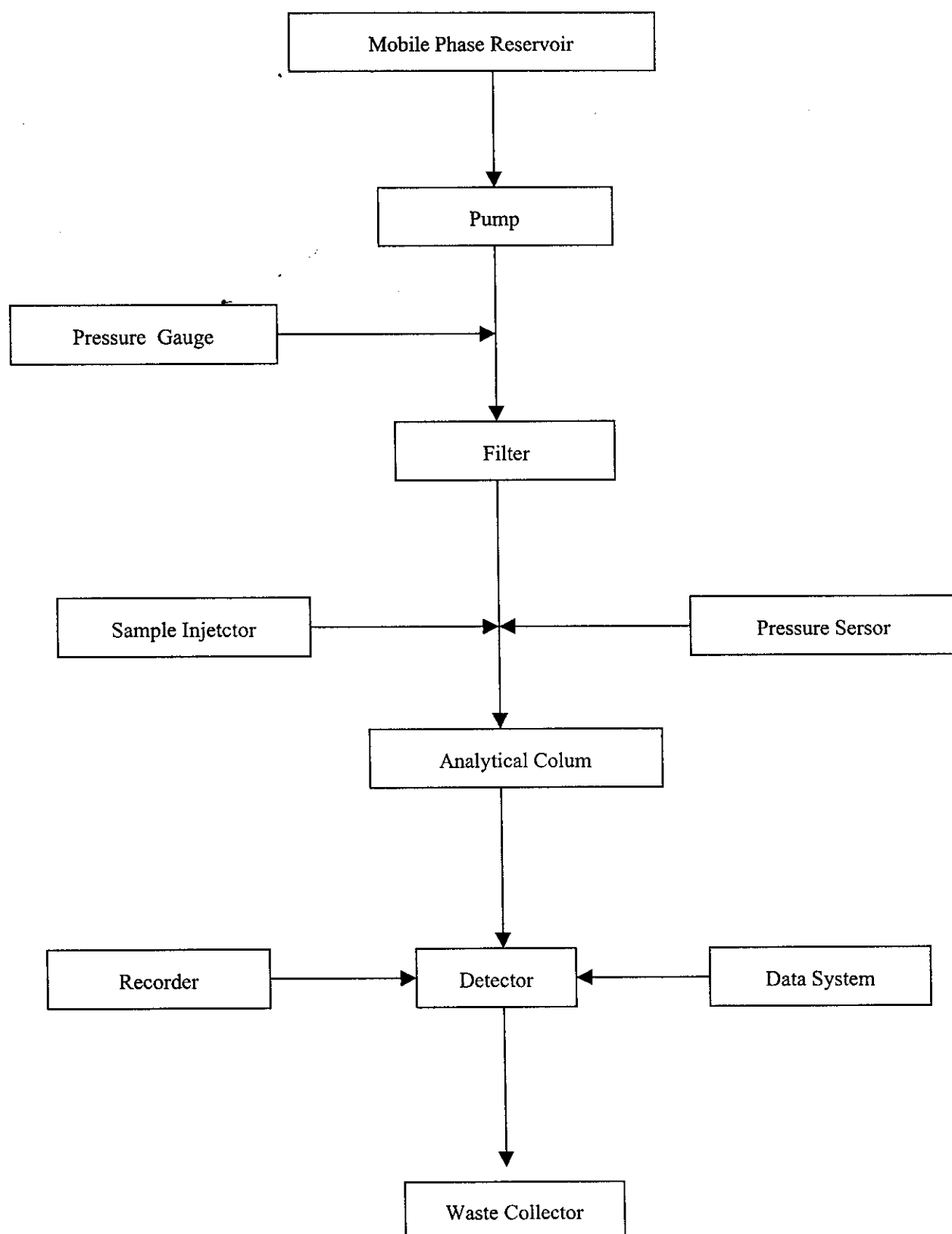
2. Reversed Phase HPLC

หลักการแยกโครมาโทกราฟีแบบ Reversed Phase HPLC จะใช้เฟสอยู่กับที่ ที่มีฟังก์ชันไม่มีขั้ว หรือมีสภาพขั้วต่ำกว่าเฟสที่เคลื่อนที่ อย่างน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วสูง จะจัดเป็น ตัวชะที่อ่อน ส่วนตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีสภาพขั้วต่ำกว่า เช่น เมทานอล อะซิโตน ไตรคลอโรเอเทน จะจัดเป็น ตัวชะที่มีความแรง ตัวถูกละลายที่มีสภาพขั้วสูงสุดจะหลุดออกมาก่อน (วราภรณ์ ลิขิตพัฒน์ไพบูลย์, 2538)

การชะล้างหรือพาสารตัวอย่างออกจากเฟสอยู่กับที่ด้วยเฟสเคลื่อนที่ วิธีที่นิยมใช้ใน HPLC คือวิธี Elution Analysis ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. Isocratic Elution เป็นกระบวนการชะล้างหรือพาสารตัวอย่างออกจากเฟสอยู่กับที่ โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ซึ่งมีส่วนผสมคงที่โดยตลอด เช่น ความเข้มข้น หรือ pH คงที่ วิธีนี้ใช้ในการแยกของผสมที่ไม่ซับซ้อน

2. Gradient Elution เป็นกระบวนการชะล้างหรือพาสารตัวอย่างออกจากเฟสอยู่กับที่ โดยการเปลี่ยนสัดส่วนการผสมของเฟสเคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลาตลอดการชะล้าง การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผสมของเฟสเคลื่อนที่ ได้แก่การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นความมีขั้ว (Polarity) ของตัวทำละลาย pH หรือ Ionic Strength ตัวทำละลายที่ใช้ในการผสมอาจจะเป็น 2, 3, หรือ 4 ชนิด วิธีนี้ใช้ในการแยกของผสมที่ค่า Capacity Factor ที่แตกต่างกันมาก ๆ การแยกสารประเภทนี้จะได้ผลไม่ดีถ้าใช้ Isocratic Elution เนื่องจากพีกแรก ๆ จะอยู่ชิดกันหรืออยู่ซ้อนกัน ส่วนพีกหลัง ๆ จะกว้างเตี้ย และใช้ระยะเวลาในทางปฏิบัติมักจะนิยมใช้ระบบ Gradient เพื่อพัฒนาวิธีการแยกสารผสมแล้วเปลี่ยนกลับมาเป็นระบบ Isocratic เพื่อใช้กับงานประจำในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์มาช่วยปรับเปลี่ยนจากระบบ Gradient เป็นระบบ Isocratic ได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 2-4 ส่วนประกอบสำคัญของ HPLC (ดัดแปลงจาก จิรภรณ์ อังวิทย์ชาธร, 2539)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษารงควัตถุในประเทศไทยโดยการใช้เครื่อง HPLC เข้ามาประยุกต์ใช้ในปัจจุบันมีน้อยมาก จะมีบ้างในกรณีการศึกษาร่วมกับต่างประเทศ เช่น การศึกษาของประเทศญี่ปุ่นร่วมกับประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในกลุ่มคลอโรฟิลล์ ที่จะทำควบคู่เสมอเมื่อมีการศึกษาคุณภาพน้ำโดยมีหลายวิธีที่ใช้สำหรับในทะเลมักนิยมใช้วิธีของ Strickland and Parsons (1972) เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษารงควัตถุโดยใช้ HPLC ส่วนใหญ่จึงใช้ของต่างประเทศ ซึ่งมีต่อไปนี้

Wright et al. (1991) ได้ศึกษาการหาปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์จากแพลงก์ตอนพืชในทะเลโดยใช้ HPLC ในระบบเกรเดียน ทำการวิเคราะห์ จะสามารถแยกรงควัตถุทั้งคลอโรฟิลล์และ แคโรทีนอยด์ออกมาได้โดยรงควัตถุต่าง ๆ จะแสดงออกมาเป็นโครมาโทแกรมจากการวิเคราะห์ในสสารยาลเซลล์เดียวจำนวน 12 ชนิด จาก 10 คลาส ซึ่งวิธีการนี้สามารถใช้ได้กับการวิเคราะห์หาปริมาณรงควัตถุของแพลงก์ตอนพืชในทะเล

Riegman and Rowe (1994) ได้ศึกษาการบลูมของ ฟิโอสซิสทีส (Phaeocystis) บริเวณชายฝั่งของประเทศเนเธอร์แลนด์ในช่วงฤดูใบไม้ผลิ และฤดูร้อน โดยสกัดฟิโอสซิสทีส ด้วย อะซิโตน 90% นำมาวิเคราะห์ด้วย Reverse Phase HPLC ที่ความยาวคลื่น 480 - 665 นาโนเมตร เมื่อมีการบลูมในบริเวณมาร์สดีพ (Marsdiep) ในช่วงฤดูร้อนจะพบว่าปริมาณของธาตุอาหารเพิ่มขึ้น 100% โดยมีปริมาณของไนเตรทมากกว่าฟอสเฟต และพบว่าทั้งสรีรวิทยาและชนิดของ ฟิโอสซิสทีส มีความสัมพันธ์กับการดูดกลืนแสง แต่จะไม่พบความสัมพันธ์ของการดูดกลืนแสงกับสารสีพวกฟูโคแซนธิน และคลอโรฟิลล์-เอ นอกจากนี้พบว่าคลอโรฟิลล์-ซี 3 ในกลุ่มพรีนิซิโอไฟซี (Prymenesiophyceae) มีความสัมพันธ์กับการดูดกลืนแสง

Gall and Blanchard (1995) ได้ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ในดินตะกอนโดยใช้ HPLC ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1992 - กุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1993 บริเวณอ่าว Marennes - Oleron ในประเทศฝรั่งเศส พบรงควัตถุของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมเป็นหลักตลอดทั้งปี โดยตลอดช่วงการศึกษาไม่พบ คลอโรฟิลล์-บี เลย แสดงให้เห็นว่าตะกอนที่ตกทับถมในอ่าวดังกล่าว ไม่ได้มาจากพืชชั้นสูง

Guzman, Claustre and Marty (1995) ได้ทำการศึกษาบริเวณชายฝั่งทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1992 - เมษายน ปี ค.ศ. 1993 เพื่อดูความสัมพันธ์การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชโดยดูจากชนิดของรงควัตถุ เปรียบเทียบกับมวลของชั้นน้ำ ซึ่งได้พบว่าที่ระดับความลึกตั้งแต่ผิวน้ำไปจนถึงความลึก 75 เมตรจะพบ คลอโรฟิลล์-เอ เฉลี่ย 23.3 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าสูงสุด มากกว่า 45 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กลุ่มของแพลงก์ตอนหลักที่พบที่มีความสัมพันธ์กับชั้นของมวลน้ำ ได้แก่ กลุ่มของพวกไซยาโน

แบคทีเรีย กลุ่มของพรีมินซิโอไฟท์ (Prymnesiophyte) กลุ่มของคริสโตไฟซี (Chrysophyceae) กลุ่มของไดอะตอม และกลุ่มของสาหร่ายสีเขียว

McManus (1995) ได้ทำการศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวชาซาพีค (Chasapeake) พบว่ามีการเพิ่มของสารสีพวกลูโคแซนธิน และเพริคิโน และรงควัตถุคาดว่าจะเป็็น ซีอะแซนธิน ที่พบในกลุ่มคอคคอยด์ และในกลุ่มของไซยาโนแบคทีเรีย จากการตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่ามีการเจริญเติบโตของเซลล์ในพวกแพลงก์ตอนที่มีขนาดใหญ่ ส่วนในพวกแพลงก์ที่มีขนาดเล็กไม่สามารถดูได้แน่ชัดว่ามีการเจริญเติบโตของเซลล์ เพราะเซลล์มีขนาดเล็ก

Tester, Geesey, Guo, Paerl and Millie (1995) ได้รายงานการศึกษาแพลงก์ตอนพืชในบริเวณปากแม่น้ำนิวยอร์ก (Newport River Estuary) รัฐนอร์ทคาโรไลนา ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ทำการศึกษาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - มิถุนายน ปี ค.ศ. 1991 กลุ่มไดอะตอม ไดโนแฟลกเจลเลตของพรีมินซิโอไฟท์ กลุ่มของคริสโตไฟท์ (Chrysophyte) และคลอโรไฟท์ (Chlorophyte) โดยทำการศึกษารงควัตถุในแพลงก์ตอนพืชด้วยการใช้เครื่อง HPLC เปรียบเทียบกับการศึกษาด้วยวิธีการนับ พบว่ามีค่าความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนวิธีการทำ HPLC มีค่าความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

Evelyn, Wit and Castej (1996) ทำการศึกษาการอดอาหารและการกินอาหารของฮาพาติคอยด์โคพีพอด (Hapaticoid Copepod) ชนิด *Canuella perplexa* ในบริเวณทะเลสาบ Arcachon ทางตะวันตกเฉียงใต้ของฝรั่งเศส โดยศึกษาเฉพาะสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ต้องใช้แสง (Phototrophic Microorganism) ที่เป็นแหล่งอาหาร จากการศึกษาด้วย HPLC พบว่าโคพีพอดมีรงควัตถุเป็น โคลรีน (Chlorin) และแคโรทีนอยด์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างผิวโคลนลึก 3 เซนติเมตร ซึ่งพบมีไดอะตอม แบคทีเรียที่ใช้แสงสีม่วง ไซยาโนแบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวนขนาดเล็ก

Mackey, Mackey, Higgins and Wright (1996) ได้ทำการศึกษารงควัตถุของแพลงก์ตอนพืช โดยใช้เครื่อง HPLC ในการวิเคราะห์ ทำการศึกษาในบริเวณตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิกมาถึงตอนกลางของมหาสมุทร ได้ใช้อัตราส่วนของรงควัตถุที่พบในการจัดกลุ่มของแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะในกลุ่มของโปรคลอโรไฟท์ (Prochlorophytes) ที่มีรงควัตถุหลักเป็น ดีไวไนล-คลอโรฟิลล์-เอ และดีไวไนล-คลอโรฟิลล์-บี มาใช้ในการศึกษา

Vidussi, Claustre, Guzman, Cailliau and Marty (1996) ได้ทำการศึกษารงควัตถุในแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ HPLC แบบ Reverse - Phase สามารถจำแนกดีไวไนล-คลอโรฟิลล์-เอ และคลอโรฟิลล์-เอ ได้ดีเช่นเดียวกับลูเทออินกับซีอะแซนธินและระหว่างดีไวไนล-คลอโรฟิลล์-บี กับคลอโรฟิลล์-บี ทั้งยังสามารถแยกคลอโรฟิลล์-ซี1, คลอโรฟิลล์-ซี2 และคลอโรฟิลล์-ซี3 ใช้เวลาใน

การวัดต่อหนึ่งตัวอย่าง 20 นาที วิธีการดังกล่าวมานี้ จึงเหมาะที่จะใช้ในการศึกษารงควัตถุที่มีจำนวนตัวอย่างมาก ๆ ได้

Wright et al. (1996) ทำการศึกษาริเวณอ่าวฟีด (Prydz) ทางแถบแอนตาร์กติกา ในประเทศออสเตรเลีย ในปี ค.ศ. 1987 โดยศึกษาเปรียบเทียบรงควัตถุ ที่ได้จาก HPLC กับกลุ่มประชากรแพลงก์ตอนพืชที่ได้จากวิธีการนับ พบแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน มีองค์ประกอบร้อยละ 27 – 44 และขนาด 2 - 20 ไมครอน มีองค์ประกอบร้อยละ 55 – 68 และขนาดมากกว่า 20 ไมครอน มีองค์ประกอบร้อยละ 3 โดยรงควัตถุที่วัดได้จาก HPLC เป็นองค์ประกอบของกลุ่ม ไดอะตอมและไดโนแฟลกเจลเลตเป็นหลัก และพบปริมาณรงควัตถุมากในแพลงก์ตอนพืช ขนาดน้อยกว่า 20 ไมครอน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับวิธีการนับ

Yacobi, Pollinger, Gonen, Gerhardt and Sukenik (1996) ได้ทำการศึกษารงควัตถุของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณทะเลสาบคินนิเรท (Kinneret) ในเดือนพฤษภาคม ปี ค.ศ. 1988 - มิถุนายน ปี ค.ศ. 1989 และในช่วงเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 1993 - พฤศจิกายน ปี ค.ศ. 1994 โดยใช้ HPLC ผลการศึกษาสามารถติดตามกลุ่มแพลงก์ตอนที่บดได้ เช่น *Peridinium gatouense* ซึ่งอยู่ในกลุ่มไดโนไฟซี (Dinophyceae) จากการวิเคราะห์สามารถจำแนกกลุ่มของคลอโรฟิลล์ได้ และพบว่าคลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyllide-a) เป็นตัวหลักที่ทำให้คลอโรฟิลล์-เอ ลดลง โดยคลอโรฟิลล์-เอ ทำให้คลอโรฟิลล์-เอ ลดลงร้อยละ 1 - 9 ซึ่งคลอโรฟิลล์-เอ เป็นรงควัตถุหลักที่พบได้เสมอ ส่วนรงควัตถุฟิโอฟิโอิน (Pheophytin) ไม่สามารถตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้

Harms and Bodungen (1997) ทำการศึกษารงควัตถุในแพลงก์ตอนพืช เพื่อประเมินมวลชีวภาพ โดยวัดจากการรับอาหารของคารานอยด์โคพีพอด (Calanoid Copepods) ชนิด *Acartia bifilosa* ในบริเวณปากแม่น้ำโอเดอร์ (Oder) พบว่าปริมาณรงควัตถุจะมีปริมาณตรงข้ามกับซี-อีควิวาเลนต์ (C – Equivalents) และ *A. bifilosa* จะมีการเลือกกินอาหารในพวกไดโนแฟลกเจลเลต และคริปโตไฟท์จะไม่ค่อยกินพวกไซยาโนแบคทีเรีย และคลอโรไฟท์

Liewellyn and Mantoura (1997) ได้ทำการศึกษาการบดของแพลงก์ตอนพืชบริเวณผิวน้ำแถบเกาะไอซ์แลนด์ ในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 1989 จากการวิเคราะห์รงควัตถุในแพลงก์ตอนพืช พบพวกคลอโรฟิลล์และกลุ่มของแคโรทีนอยด์ โดยทำการวัดที่ค่าความยาวคลื่น 300 - 470 นาโนเมตร และพบปริมาณสูงสุดที่ค่าความยาวคลื่น 380 นาโนเมตร

Schluter and Kavskum (1997) ได้ทำการศึกษารงควัตถุในแพลงก์ตอนพืชบริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติในประเทศเดนมาร์กโดยใช้ HPLC เพื่อจำแนกองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช และจากการตรวจนับได้กล้องจุลทรรศน์เพื่อจำแนกชนิด และวัดปริมาณเซลล์ของแพลงก์ตอนพืช

โดยใช้ปริมาณคาร์บอน ทำให้ทราบถึงสภาวะของธาตุอาหารและปริมาณของตัวอ่อนหอย นอกจากนี้ยังพบว่าการลดลงของแสงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มประชากรแพลงก์ตอนพืช

Breton, Brumet and Brylinski (2000) ได้ศึกษารงควัตถุในแพลงก์ตอนพืชโดยใช้วิธีวิเคราะห์ด้วย HPLC บริเวณรอบชายฝั่งช่องแคบอังกฤษ พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์-ซี 3 เพรดิคินิน และมวลชีวภาพ กับแพลงก์ตอนกลุ่มไดโนไฟซี สำหรับฟูโคแซนธิน พบในแพลงก์ตอนกลุ่มพรีมนิซิโอไฟซี (Prymnesiophyceae) ที่เป็นพวก สาหร่ายสีน้ำตาล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม ราฟฟิโดไฟซี (Raphidophyceae) และคริสโตไฟซี (Chrysophyceae) เซลล์ไดอะตอมมีขนาดใหญ่มากกว่า 200 ไมครอน และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์-บี กับสาหร่ายสีเขียวซึ่งไม่น่าเป็นไปได้ อาจเป็นเพราะขนาดของเซลล์ที่มีขนาดเล็กประมาณ 5 ไมครอน จึงทำให้ยากที่จะจำแนกได้

Descy, Higgins, Mackey, Hurley and Frost (2000) ได้ทำการศึกษารงควัตถุของแพลงก์ตอนพืชบริเวณทะเลสาบทั้ง 9 ในทางตอนเหนือของวิสคอนซิน (Wisconsin) ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1996 โดยทำการศึกษาในช่วงหน้าร้อนบริเวณทะเลสาบคริสตอล (Crystal) และทะเลสาบลิตเติล (Little) สามารถจำแนกกลุ่มและทราบมวลชีวภาพได้ผลดี และจากการสูบน้ำบเซล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ทำให้ทราบปริมาณมวลชีวภาพได้ และพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับรงควัตถุสีทุกครั้ง นอกจากนี้พบว่าการเก็บตัวอย่างที่ผิวน้ำกับบริเวณน้ำลึกจะให้ผลแตกต่างกัน โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของส่วน Photo Protective Pigment ของคลอโรฟิลล์-เอ กับการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง

Furuya, Gunbua, Miki, Boonphakudee and Yamaguchi (2000) ได้ทำการศึกษาแพลงก์ตอนพืชในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1999 และเดือนสิงหาคม ปีเดียวกันโดยใช้เครื่อง HPLC วิเคราะห์รงควัตถุ ได้พบว่ารงควัตถุหลักเป็นคลอโรฟิลล์-เอ และมีรงควัตถุ อื่น ๆ ที่พบอีกประมาณ 16 ชนิด ในการใช้แบ่งแยกกลุ่ม และดูปริมาณได้โดยพิจารณาจากอัตราส่วนของรงควัตถุที่มีประกอบอยู่ จากการศึกษาไม่พบความแตกต่างในระหว่างเดือนที่ทำการศึกษา

Ediger, Raine, Weeks, Robinson and Sagan (2001) ได้ศึกษาแพลงก์ตอนพืชในบริเวณอ่าว Galwal ในช่วงเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 1998 พบว่ามีความอุดมสมบูรณ์มาก มีการบลูมของแพลงก์ตอนพืชทางตะวันตกเฉียงใต้ของไอร์แลนด์ ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 1998 จากการวัดด้วย HPLC พบว่าจะมีไดอะตอมในบริเวณอ่าวเป็นกลุ่มหลัก ส่วนทางตะวันตกเฉียงใต้ของไอร์แลนด์จะเป็นกลุ่มของพวกไดโนแฟลกเจลเลต ซึ่งสัมพันธ์กับวิธีการนับ