

บทที่ 8

โปรโตชีวในระบบนิเวศ

เค้าโครงเรื่อง

8.1 ถิ่นที่อยู่อาศัย

8.1.1 โปรโตชีวในระบบนิเวศน้ำจืด

- (1) ในแหล่งน้ำเปิด
- (2) ในแหล่งที่ยืดเกาะ
- (3) ในแหล่งพื้นที่ตื้นน้ำที่อุดมด้วยอาหาร
- (4) ในแหล่งพื้นที่ตื้นน้ำที่ขาดออกซิเจน
- (5) ในบ่อบำบัดน้ำเสีย

8.1.2 โปรโตชีวในระบบนิเวศน้ำเค็ม

- (1) ในพลาจิกโซน
- (2) ในเบนทิกโซน

8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโปรโตชีวกับมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น

8.2.1 สภาวะอยู่ร่วมกันและปรสิตในมนุษย์

- (1) ในระบบทางเดินอาหาร
- (2) ในระบบเลือดน้ำเหลือง

8.2.2 สภาวะอยู่ร่วมกันและปรสิตในสิ่งมีชีวิตอื่น

- (1) ในโปรติสท์
- (2) ในพืช
- (3) ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง
- (4) ในสัตว์มีกระดูกสันหลัง

8.2.3 สภาวะอยู่ร่วมกันและปรสิตของสิ่งมีชีวิตอื่นในโปรโตชีว

8.3 บทบาทของโปรโตชีวในระบบนิเวศ

8.3.1 การเป็นผู้ผลิต

8.3.2 ความสัมพันธ์กับมลพิษ

สาระสำคัญ

1. โปรโตซัวในแหล่งน้ำจืดมีถิ่นที่อยู่อาศัยหลายแบบ อาจเป็นแพลงตอนอยู่ในแหล่งน้ำเปิด เกาะติดกับซับสเตอร์ท หรืออยู่ในพื้นท้องน้ำ กลุ่มที่มีความหลากหลายของชนิดและปริมาณมากตามลำดับ คือ ไฟโทแฟลเจลเลท แฟลเจลเลท ซิลิเอท แอ๊กทีโนพอดาน และไรโซพอดาน โปรโตซัวในแหล่งน้ำเค็มมีถิ่นที่อยู่อาศัยหลักสองแบบ คือ เป็นแพลงตอนอยู่ในแหล่งน้ำเปิดและบริเวณพื้นท้องทะเล การแพร่กระจายของชนิดและปริมาณมากหรือน้อยมีลักษณะคล้ายกันแต่ความหลากหลายของชนิดและปริมาณมีมากจนต้องสำรวจต่อไป กลุ่มที่แพร่กระจายทั่วไปคือพวกที่มีเปลือกหุ้ม พวกที่มีชีวิตรอดอยู่ได้ยากคือไรโซพอดาน (ยกเว้นเป็นแอนโดซิมไบออนท์)
2. ปรสิตโปรโตซัวที่สำคัญในมนุษย์ คือ *Entamoeba*, *Giardia* และ *Plasmodium* เป็นสาเหตุของอาการท้องร่วงและไข้จับสั่นตามลำดับ พวกที่เป็นปรสิตในสัตว์ส่วนใหญ่อยู่ในไฟลัมเอพิคอมเพลกซา ซูโอแอสทิจินา ซิลิโอฟอรา และไรโซพอดา ไฟลัมอื่นที่พบว่ามีดำรงชีพแบบอยู่ร่วมกันหรือแบบปรสิตมีน้อยชนิด ส่วนใหญ่หากินอิสระ
3. โปรโตซัวที่ทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศส่วนใหญ่อยู่ในไฟลัมไดโนแอสทิกอกทา และแกรนิวโลเรทิกิวลอลา กลุ่มที่ดำรงชีพคล้ายสัตว์ทำหน้าที่เป็นผู้บริโภคลำดับแรกคือพวกที่อยู่ในไฟลัมซิลิโอฟอรา ไรโซพอดา และ แอ๊กทีโนพอดา พวกที่มีบทบาทสัมพันธ์กับมลพิษทั้งทางตรงและทางอ้อม คือ ยูกลีนิดา ไดโนแอสทิกอกทา และซิลิโอฟอรา

จุดประสงค์ของการเรียนรู้

เมื่อศึกษาจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถบอกได้ว่า

1. โปรโตซัวในระบบนิเวศน้ำจืดและน้ำเค็มที่สำคัญอยู่ในไฟลัมใดบ้าง โดยที่โปรโตซัวเหล่านั้นมีถิ่นที่อยู่อาศัยเฉพาะกลุ่มเป็นแบบใด เช่น ซัคทอเรียนยิดเกาะกับซับสเตอร์ท
2. ปรสิตโปรโตซัวของมนุษย์และสัตว์ที่ทำให้เกิดโรคส่วนใหญ่อยู่ในไฟลัมใด โดยเฉพาะไฟลัมเอพิคอมเพลกซา ซึ่งทั้งไฟลัมเป็นปรสิตอยู่ในสัตว์มากชนิด ตั้งแต่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขึ้นมาจนถึงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
3. โปรโตซัวในไฟลัมใดมีบทบาทสำคัญอย่างไรในระบบนิเวศ โดยเฉพาะในเรื่องของการเป็นผู้ผลิตเพื่อการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ และบทบาทด้านการทำให้เกิดมลพิษทางน้ำตลอดจนบทบาทการรักษาภาวะสมดุลของระบบนิเวศ

4. นักศึกษาสามารถตอบคำถามในแบบฝึกหัดท้ายบทได้เกินกว่าร้อยละ 80 ในเวลาหนึ่งสัปดาห์

โปรโตซัวมีความหลากหลายของถิ่นที่อยู่อาศัยมาก ถิ่นที่อยู่อาศัยหลักคือ น้ำเค็ม รองลงมา คือ น้ำจืดและน้ำกร่อย แม้กระทั่งในดินหรือระบบนิเวศบนบกขนาดเล็กอื่น(ซากทับถมใบไม้ ซากไม้ผุ หรือซอกหิน) ถ้ามีความชื้นพอเหมาะก็อาจพบโปรโตซัวบางชนิดได้ นอกจากนี้ถิ่นที่อยู่อาศัยทางกายภาพแล้ว โปรโตซัวยังสามารถดำรงชีพอยู่ในถิ่นที่อยู่อาศัยทางชีวภาพ โดยดำรงชีพแบบอยู่ร่วมกัน(หลายรูปแบบ)หรือปรสิตอยู่ในสิ่งมีชีวิตอื่น ตั้งแต่ระดับเซลล์เดียวขึ้นมาจนถึงระดับหลายเซลล์(สัตว์และพืช) แหล่งน้ำที่อยู่ในบริเวณเขตร้อนชื้นและใกล้เคียง เป็นแหล่งที่มีจำนวนชนิดและปริมาณของโปรโตซัวมากที่สุด และเนื่องจากโปรโตซัวเป็นองค์ประกอบหนึ่งของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่เรียกว่า แพลงตอน จึงทำให้โปรโตซัวมีบทบาทสำคัญในฐานะเป็นตัวต้น(ผู้ผลิต)ของห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหารในระบบนิเวศ

8.1 ถิ่นที่อยู่อาศัย

อุทกนิเวศ เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยหลักของโปรโตซัวแทบทุกไฟลัม มีความหลากหลายของชนิดมากและมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระบบนิเวศบนบก อาจเนื่องจากโปรโตซัวมีวิวัฒนาการมาจากโพรแคริโอตซึ่งมีวิวัฒนาการมาจากสิ่งมีชีวิตเริ่มแรกที่เกิดในทะเล จึงทำให้แหล่งน้ำมีความเหมาะสมสำหรับโปรโตซัวที่จะมีวิวัฒนาการต่อเนื่องสืบทอดความหลากหลายจากสมัยโพรเทโรซออีกมาจนถึงปัจจุบัน

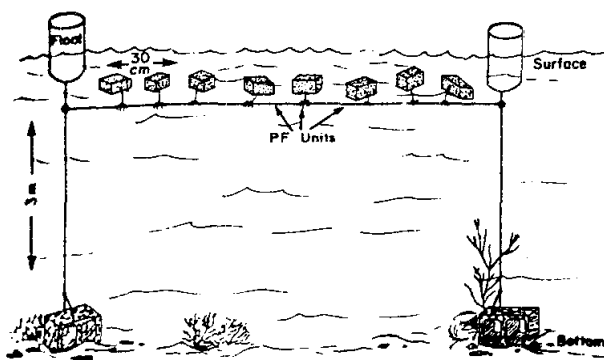
8.1.1 โปรโตซัวในระบบนิเวศน้ำจืด โปรโตซัวที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยในแหล่งน้ำจืด ไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก น้ำนิ่งหรือน้ำไหล ในระดับผิวน้ำหรือระดับพื้นท้องน้ำ รวมถึงพวกที่เกาะยึดติดกับขั้วสเตรทด้วย มีจำนวนชนิด ความหลากหลาย และปริมาณน้อยกว่าระบบนิเวศน้ำเค็ม อาจเนื่องมาจากการมีวิวัฒนาการเปลี่ยนถิ่นที่อยู่อาศัยจากน้ำเค็มมาอยู่ในน้ำจืด และด้วยเหตุผลที่แน่ชัด คือ แหล่งน้ำเค็มมีปริมาตรและพื้นที่มหาศาลเมื่อเทียบกับแหล่งน้ำจืด กลุ่มที่มีปริมาณและความหลากหลายของชนิดมาก คือ ซิลิเอท แพลเจลเลท(รวมถึงไฟโทแพลเจลเลท) ไรโซพอด และแอกทีโนพอด ตามลำดับ ประชากรของโปรโตซัวเหล่านี้รวมกันเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตอาศัยร่วมอยู่กับกลุ่มสิ่งมีชีวิตอื่นในระบบนิเวศ 5 แบบ คือ (1) แบบแหล่งน้ำเปิด(open waters) (2) แบบ

ที่ยืดเกาะหรือซบสเตรท (3) แบบพื้นท้องน้ำที่อุดมด้วยอาหาร(organically rich benthos) (4) แบบพื้นท้องน้ำที่ขาดออกซิเจน(anoxic benthos) และ (5) แบบบ่อบำบัดน้ำเสีย(sewage treatment plants)

(1) ในแหล่งน้ำเปิด หรือเพลาจิก(pelagic) เป็นแหล่งที่มีปริมาณและความหลากหลายของชนิดมากที่สุด ถึงแม้ว่าโปรโตซัวส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ แต่การแพร่กระจายในแหล่งน้ำเปิดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย คือ การไหลเวียนของกระแสน้ำ ความแตกต่างของสารอินทรีย์ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ และความเข้มความส่องสว่างของแสงในระดับที่ต่างกันด้วย บทบาทของโปรโตซัวในแหล่งน้ำเปิดจึงเป็นแพลงตอนแบบที่เรียกว่า นาโนแพลงตอน(nanoplankton)

การเก็บตัวอย่างโปรโตซัวจากแหล่งน้ำเปิด ทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยทั่วไป นิยมใช้ถุงเก็บแพลงตอน* ขนาดช่องห่าง 16-25 ไมครอน ลากในน้ำในระดับที่ต้องการตามแนวราบ แนวตั้ง หรือแนวเฉียง แล้วนำมาศึกษาชนิดและปริมาณด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยศึกษาทั้งที่เป็นตัวอย่างมีชีวิตหรือตัวอย่างที่ถนอมทำเป็นสไลด์ถาวร และถ้าต้องการให้มีความถูกต้องและทราบรายละเอียดมากขึ้น ก็อาจศึกษาโดยอาศัยเทคนิคทางกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมาช่วย ถ้าต้องการศึกษาการรวมกันเป็นโคโลนีเพื่อทราบความหนาแน่นในการแพร่กระจายของโปรโตซัวในระบบนิเวศสามารถทำได้โดยประยุกต์วิธีของ แคร็นสและผู้ร่วมงาน (Cairns, Jr., et al., 1983) โดย

รูป 8-1 แผนภาพวิธีการนำซบสเตรทเทียม(PF)ไปลอยในแหล่งน้ำ เพื่อให้โปรโตซัวมาเกาะ ระยะจากพื้นท้องน้ำและระยะห่างระหว่างซบสเตรทปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม ซบสเตรทถูกยึดด้วยหินถ่วงที่พื้นและลอยตัวอยู่ได้ด้วยลูกลอย (จาก Cairns, Jr., et al., 1983)



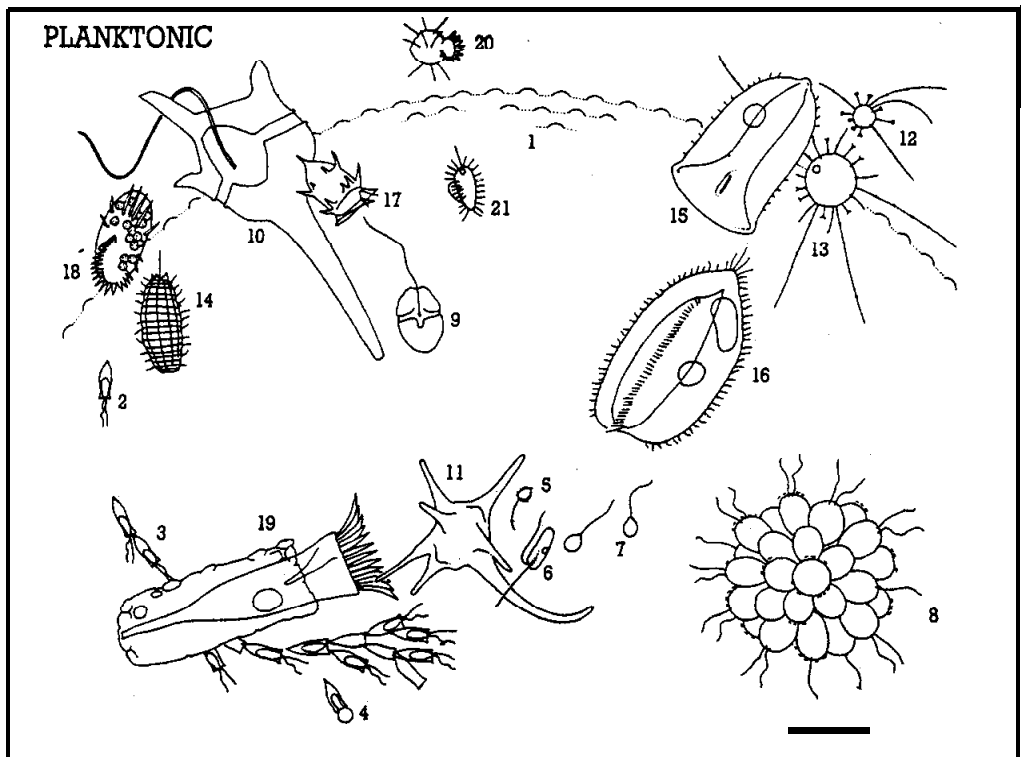
โปรโตซัวมาเกาะ ระยะจากพื้นท้องน้ำและระยะห่างระหว่างซบสเตรทปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม ซบสเตรทถูกยึดด้วยหินถ่วงที่พื้นและลอยตัวอยู่ได้ด้วยลูกลอย (จาก Cairns, Jr., et al., 1983)

* ศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างแพลงตอนได้จากตำราและบทปฏิบัติการนิเวศวิทยา

น้ำสารสังเคราะห์พอลิยูริเทนมีรูปพรรณมาลอยในน้ำตามระดับและตำแหน่งที่ต้องการในระยะเวลาหนึ่งเพื่อเป็นชั้นสเตรทเทียมให้โปรโตซัวมาเกาะ(รูป 8-1)แล้วจึงนำชั้นสเตรทมาล้างรวบรวมตัวอย่างที่หลุดออกมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ต่อไป

โดยทั่วไปแหล่งน้ำลักษณะ ยูโทรฟิค(eutrophic) มีปริมาณและชนิดของ ไฟโตแพลงตอน(phytoplankton)(รวมไฟโตแฟลเจลเลทด้วย)มากกว่า ซูโอแพลงตอน(zooplankton)เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำลักษณะ ออลิโกโทรฟิค(oligotrophic) กลุ่มที่มี

รูป 8 - 2 ภาพจำลองกลุ่มของโปรโตซวนแพลงตอนที่พบได้ง่ายในแหล่งน้ำเปิด หมายเลข 1.-Volvox, 2.-4.-Dinobryon, 5.-Paraphysomonas, 6.-Kathablepharis, 7.-Trachelomonas, 8.-Synura, 9.-Gymnodinium, 10.-Ceratum, 11.-Amoeba radiosa, 12.-Raphidocystis, 13.-Acanthocytis, 14.-Coleps, 15.-Phascolodon, 16.-Lembadion, 17.-Hastatella, 18.-Euplotes diadaleos, 19.-Tintinnidium, 20.-Halteria, 21.-Cyclidium แท่งทึบแสดงความยาว 50 ไมโครเมตร (จาก Patterson, 1992)

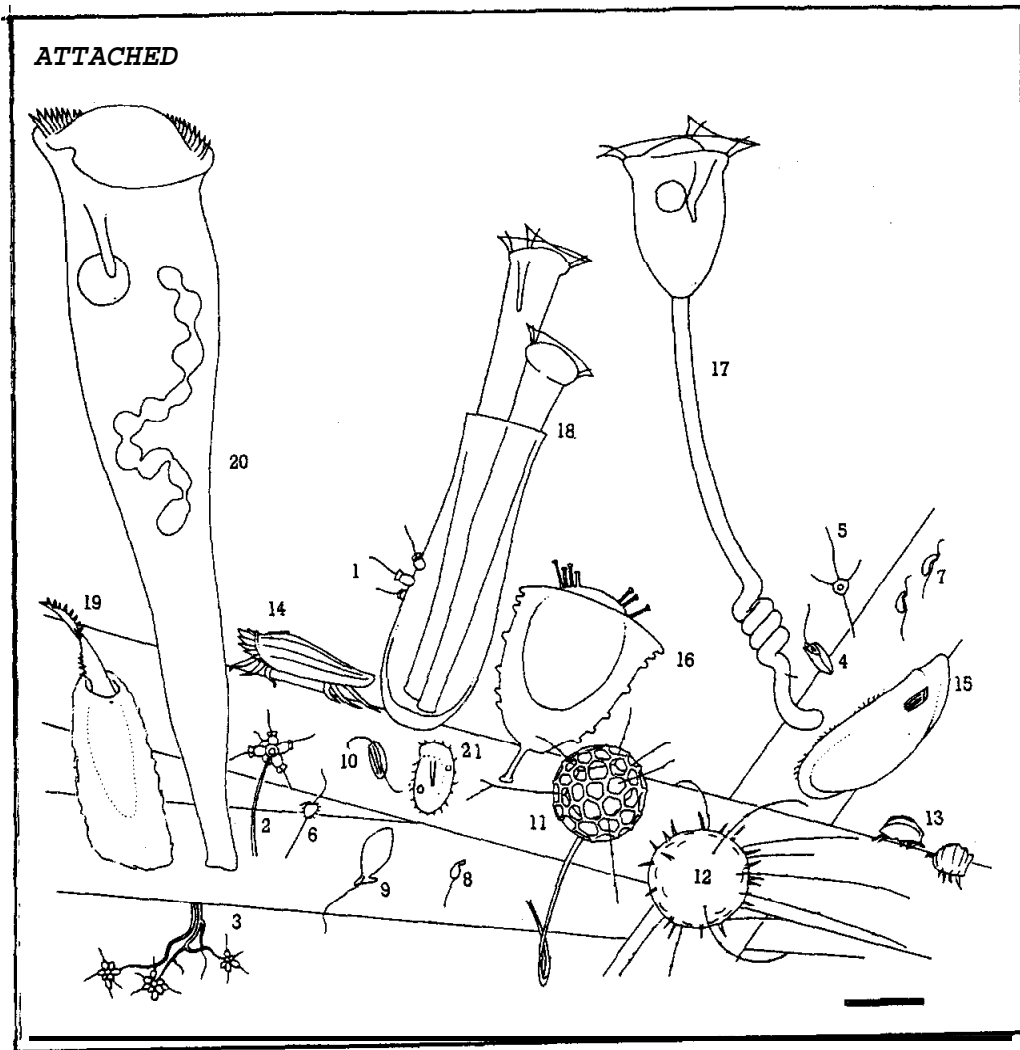


ปริมาณและความหลากหลายของชนิดมาก คือ ไฟโทแฟลเจลเลท* รองลงมา คือ เฮเทโรทรอปิกแฟลเจลเลทซึ่งกินแบคทีเรียเป็นอาหาร พวกซิลิเอท และแอกทีโนพอดาน(เฮลิโอซัว)มีบทบาทเป็นผู้บริโภคคือกินทั้งแบคทีเรียและเป็นผู้ล่าเหยื่อพวกแฟลเจลเลทและซิลิเอทเป็นอาหาร(รูป 8-2) แพลงตอนเหล่านี้อาจลอยอยู่ในลักษณะเซลล์เดี่ยว หรือเป็นโคโลนี ทรงกลม(รูป 8-2 หมายเลข 8) หรือต่อเป็นเส้น(รูป 8-2 หมายเลข 3) ถ้าปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจะพบพวกเฮลิโอซัว ซิลิเอทพวก *Coleps* (Class Protozoa, Phylum Ciliophora), *Euplotes* (Class Nassophorea, Phylum Ciliophora) และโปรโตซวนแพลงตอนอื่นที่มีสาหร่ายสีเขียวอาศัยแบบอยู่ร่วมกันในเซลล์ด้วย(endosymbiont) การพบกลุ่มโปรโตซัวที่มีเอนโดซิมไบออนท์ได้ง่ายเนื่องจากแหล่งน้ำเปิดได้รับแสงอาทิตย์เต็มที่ สาหร่ายสีเขียวทำหน้าที่สร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดี จึงให้สารอาหารบางอย่างกับโฮสต์พร้อมทั้งใช้ของเสียบางอย่างจากโฮสต์ ขณะเดียวกันก็ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้เพียงพอสำหรับโฮสต์จะมีชีวิตรอดได้ด้วย

(2) ในแหล่งที่ยืดเกาะ พื้นผิวของสัตว์และพืช ทั้งที่มีชีวิตอยู่และไม่มีชีวิต ทั้งที่เคลื่อนที่ได้อย่างเชื่องช้าและเคลื่อนที่ไม่ได้ ตลอดจุนดินและหิน สามารถทำหน้าที่เป็นซัพสเตรทของโปรโตซัวกลุ่มที่เกาะติดอยู่กับที่(sessile)ได้ทั้งสิ้น โดยอาจเกาะติดอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่หากินอยู่ตามพื้นผิวของซัพสเตรทเหล่านั้น ในกรณีที่เกาะติดอยู่กับที่ มักมีการพัฒนาโครงสร้างของแฟลเจลลาหรือซีเลียขึ้นมาเป็นออร์แกเนลล์พิเศษเพื่อพัดโบกน้ำให้ไหลวนพาอาหารเข้าสู่ช่องปาก หรือเพื่อใช้โครงสร้างเหล่านั้นจับเหยื่อกินหรือดูดกินเป็นอาหารดังกล่าวแล้วในข้อ 6.2.2(2) โปรโตซัวที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยแบบเป็นแหล่งยึดเกาะส่วนใหญ่จำกัดชนิดอยู่ในบางกลุ่มของแฟลเจลเลทและซิลิเอท พวกแฟลเจลเลทขนาดเล็ก(รูป 8-3, หมายเลข 1-6) และพวกเพริทริช(ซิลิเอท) มักกินอาหารพวกแบคทีเรีย พวกที่ขนาดใหญ่ขึ้นมักกินอาหารขนาดใหญ่รวมถึงโปรโตซัวชนิดอื่นด้วย การเกาะติดอยู่กับที่มิได้ทำให้อาศัยโอกาสการมีชีวิตรอดแต่อย่างใด พวกซิลิเอทมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เป็นสวอร์เมอร์ว่ายน้ำอิสระเพื่อหาซัพสเตรทใหม่ที่เหมาะสมได้ดังกล่าวแล้วในข้อ 8.3.3 พวกที่มีขนาดใหญ่(รูป 8-3, หมายเลข 17-20)หลายชนิด พัฒนาโครงสร้างของเซลล์ให้มีก้านยาวยึดหดได้ หรือมีปลอกรูปทรงกระบอกหรือทรงแจกันให้เซลล์

** ปัจจุบันถูกจัดไว้ในไฟลัม **Chlorophyta, Dinomastigota, Chryptophyta, Chrysophyta**
ดูภาคผนวก 7 และ 9

รูป 8 - 3 ภาพจำลองกลุ่มของโปรโตชีวพวกซีลิเอทและแฟลเจลเลทที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยแบบยึดเกาะ หมายเลข 1.-*Monosiga*, 2.-*Codosiga*, 3.-*Anthophysa*, 4.-*Bicosoeca*, 5.-*Actinomonas*, 6.-*Paraphysomonas*, 7.-*Bodo*, 8.-*Rhynchomonas*, 9.-*Urceolus*, 10.-*Entosiphon*, 11.-*Clathrulina*, 12.-*Acanthocystis*, 13.-*Aspidisca*, 14.-*Euplotes*, 15.-*Trithigmostoma*, 16.-*Acineta*, 17.-*Vorticella*, 18.-*Vaginicola*, 19.-*Stichotricha*, 20.-*Stentor*, 21.-*Chilodonella*. แท่งทึบแสดงอัตราส่วนความยาว 50 ไมโครเมตร (จาก Patterson, et al., 1992)

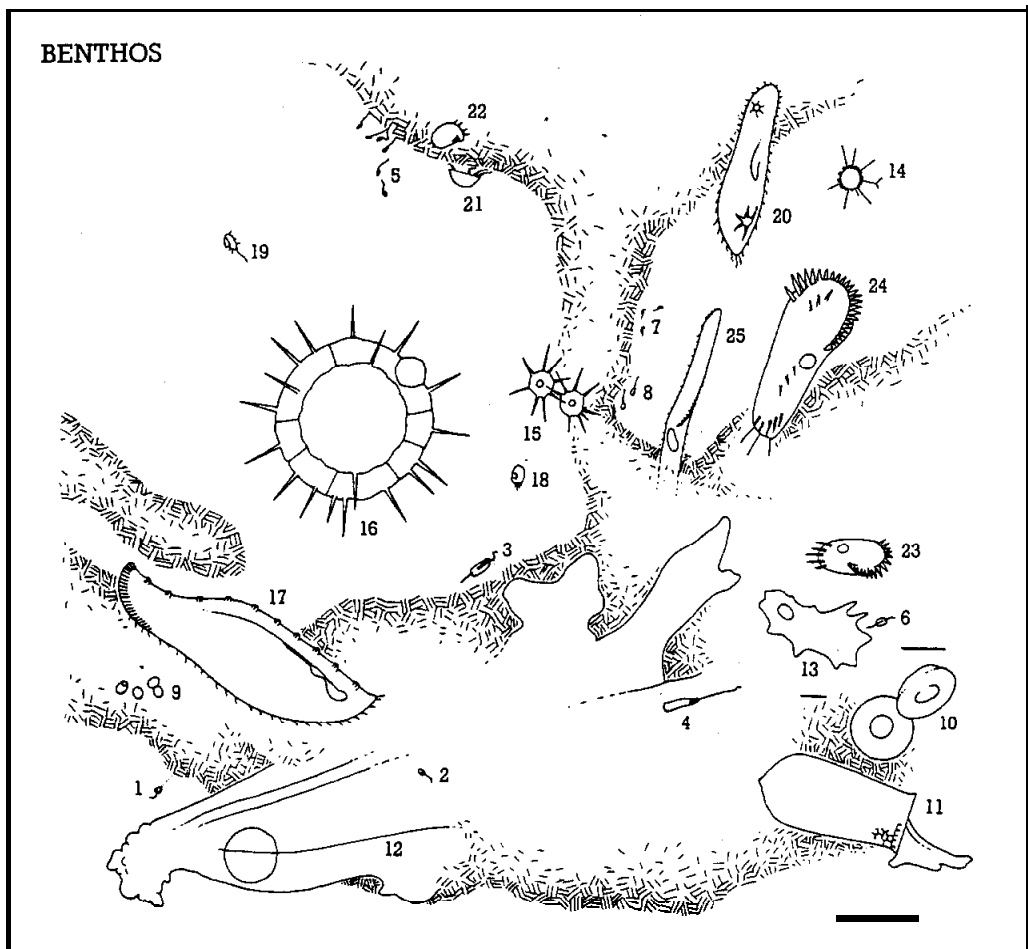


หดเข้าไปในปลอก เพื่อประโยชน์ในการลดแรงต้านกระแส น้ำ หรือหลบหลีกศัตรู(หนอนตัวแบนและหอย)ซึ่งมีถิ่นที่อยู่อาศัยร่วมกัน พวกที่ไม่ใช่แบบเกาะติดอยู่กับที่แต่มาหากินอยู่ในบริเวณเดียวกันกับพวกเกาะติดอยู่กับที่ คือ ซิลิเอทพวกไฮพอสโทมที่มีช่องปากอยู่ด้านล่าง(รูป 8-3, หมายเลข 15) ซิลิเอทพวกไฮพอทริน(รูป 8-3, หมายเลข 13 & 14) แพลเจลเลทพวกบอดอนิด(bodonid) และยูกลีนิด(รูป 8-3, หมายเลข 7-10) โปรโตซัวเหล่านี้วนเวียนมาอยู่บริเวณถิ่นที่อยู่อาศัยของพวกที่ยึดเกาะ เพื่อกินแบคทีเรียและอนุภาคขนาดเล็กที่ติดอยู่บนพื้นผิว รวมถึงกินพวกสาหร่าย ไดอะตอม และเส้นสายของไซแอนแบคทีเรียด้วย โปรโตซัวที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยแบบแหล่งที่ยึดเกาะนี้ บางครั้งสามารถพบรวมอยู่กับพวกที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยในแหล่งน้ำเปิดได้ เนื่องจากซากศพของสิ่งที่ถูกใช้เป็นชั้นสเตรทนั้นหลุดลอยตามมากับกระแสน้ำ

(3) ในแหล่งพื้นที่องน้ำที่อุดมด้วยอาหาร พื้นที่องน้ำเป็นแหล่งสะสมพลังงาน 2 รูปแบบ คือ สารอินทรีย์ที่ตกตะกอนลงมาและสิ่งมีชีวิตพวกออโทโทรฟที่ตายหรือตกลงมาตามกระแสน้ำ โดยทั่วไปปริมาณของสารอินทรีย์จะมีมากกว่าพวกออโทโทรฟ ดังนั้นจึงเป็นแหล่งสะสมของแบคทีเรียนานาชนิดซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารที่ดีของโปรโตซัวกลุ่มที่กินแบคทีเรียเป็นอาหารด้วย สัดส่วนการแพร่กระจายของโปรโตซัวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ฤดูกาล ปริมาณสารอินทรีย์ ความลึกของระดับน้ำ และปัจจัยอื่น รูปที่ 8-4 เป็นตัวอย่างโดยสังเขปของพื้นที่องน้ำจากแหล่งน้ำใสสะอาด จะพบความหลากหลายของชนิดโปรโตซัวตั้งแต่จะมีขนาดใหญ่มาก(หมายเลข 12) จนถึงแพลเจลเลทขนาดเล็กเพียง 2-3 ไมครอน(หมายเลข 7) เนื่องจากมีแบคทีเรียมากในบริเวณซากเน่าเปื่อย จึงพบโปรโตซัวฝังตัวอยู่ในซากเหล่านั้น(หมายเลข 25) โดยอาจฝังตัวอยู่อย่างหลวมๆหรือเกาะติดอยู่ชั่วคราว(หมายเลข 1 & 5) หรือร่อนถลาอยู่เหนือบริเวณที่มีอาหาร ลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยแบบนี้ต่างกับถิ่นที่อยู่อาศัยที่เป็นชั้นสเตรทสำหรับให้เกาะติดอยู่กับที่ในแง่ที่ว่า มีโปรโตซัวน้อยชนิดที่ยึดติดอยู่กับซากเน่าเปื่อยตามพื้นที่องน้ำ ที่ปรากฏชัด คือ โปรโตซัวเหล่านี้เป็นกลุ่มพวกที่เคลื่อนที่ได้ จึงสามารถเคลื่อนที่หนีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำตลอดจนซากเน่าเปื่อยที่ทับถมลงมาใหม่ ป้องกันไม่ให้เซลล์ตนเองถูกทับถม

สภาพแวดล้อมของถิ่นที่อยู่อาศัยแบบพื้นที่องน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล บางครั้งมีการสะสมของสารอินทรีย์มากจึงทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงขณะเดียวกันน้ำก็มีความเป็นกรดมากขึ้น โปรโตซัวที่อาศัยหากินอยู่ในถิ่นที่อยู่อาศัย

รูป 8-4 ภาพจำลองความหลากหลายชนิดของโปรโตซัวในดินที่อยู่อาศัยแบบพื้นที่องน้ำทั่วไปที่เต็มไปด้วยซากเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ หมายเลข 1.-*Paraphysomonas*, 2.-*Notosolenus*, 3.-*Entosiphon*, 4.-*Peranema*, 5.-*Bodo*, 6.-*Protaspis*, 7.-*Rhynchomonas*, 8.-*Petalomonas*, 9.-*Cryptodiffugia*, 10.-*Arcella*, 11.-*Diffugia*, 12.-*Amoeba*, 13.-*Mayorella*, 14.-*Pompholyxophrys*, 15.-*Actinophrys*, 16.-*Actinosphaerium*, 17.-*Loxophyllum*, 18.-*Cinetochilum*, 19.-*Cyclidium*, 20.-*Paramecium caudatum*, 21,22.-*Aspidisca*, 23.-*Euplotes*, 24.-*Stylonychia*, 25.-*Spirostomum* แท่งทึบแสดงอัตราส่วนความยาว 100 ไมโครเมตร (จาก Patterson, et al., 1992)

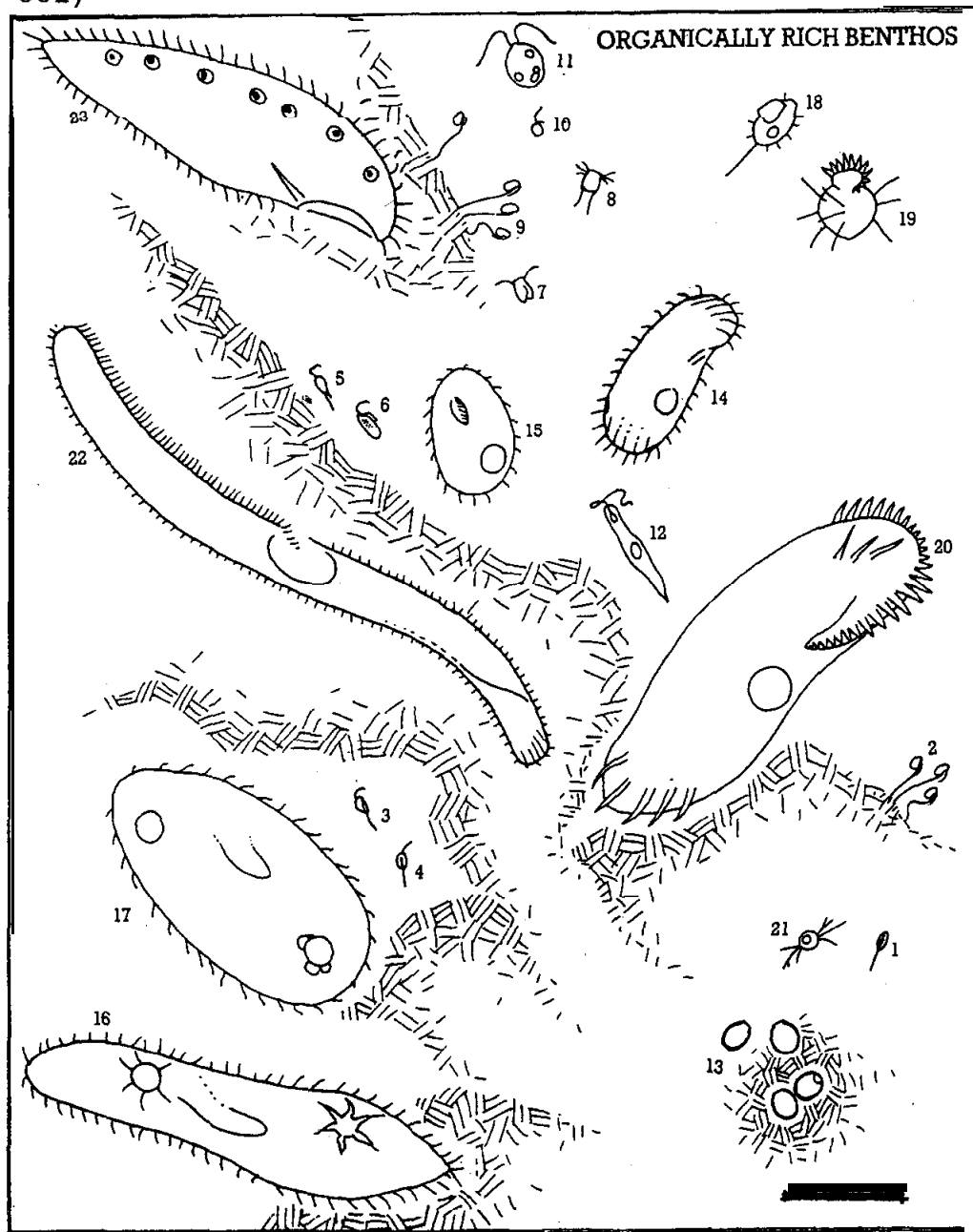


แบบนี้จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนให้มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสภาพแวดล้อมด้วย สภาพแวดล้อมเช่นนี้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะช่วยกระตุ้นให้แบคทีเรียเจริญได้เร็วขึ้น และถ้าไม่มีการไหลเวียนของน้ำปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก็ลดลงด้วย พวกที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยแบบนี้อย่างแท้จริง คือ พวกที่กินแบคทีเรีย และพวกที่กินอาหารแบบสภาพซิมผ่านได้ (osmotroph) ซึ่งมีอยู่น้อยชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับถิ่นที่อยู่อาศัยที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูง โปรโตซัวในถิ่นที่อยู่อาศัยแบบพื้นท้องน้ำที่มีการสะสมของสารอินทรีย์มากจึงมีลักษณะทั่วไปคล้ายวัชพืชที่สามารถตรวจพบได้ในแหล่งน้ำถาวรแทบทุกประเภท พวกที่พบได้ง่าย คือ สกุล *Paramecium*, *Chilomonas* และ *Astasia* (รูป 8-5, หมายเลข 16-17,6 และ 12 ตามลำดับ) บางสกุลในแหล่งน้ำแบบนี้ก็สามารถพบได้ในแหล่งน้ำเสียจากโรงงานซึ่งมีสารอินทรีย์มากเช่นเดียวกัน

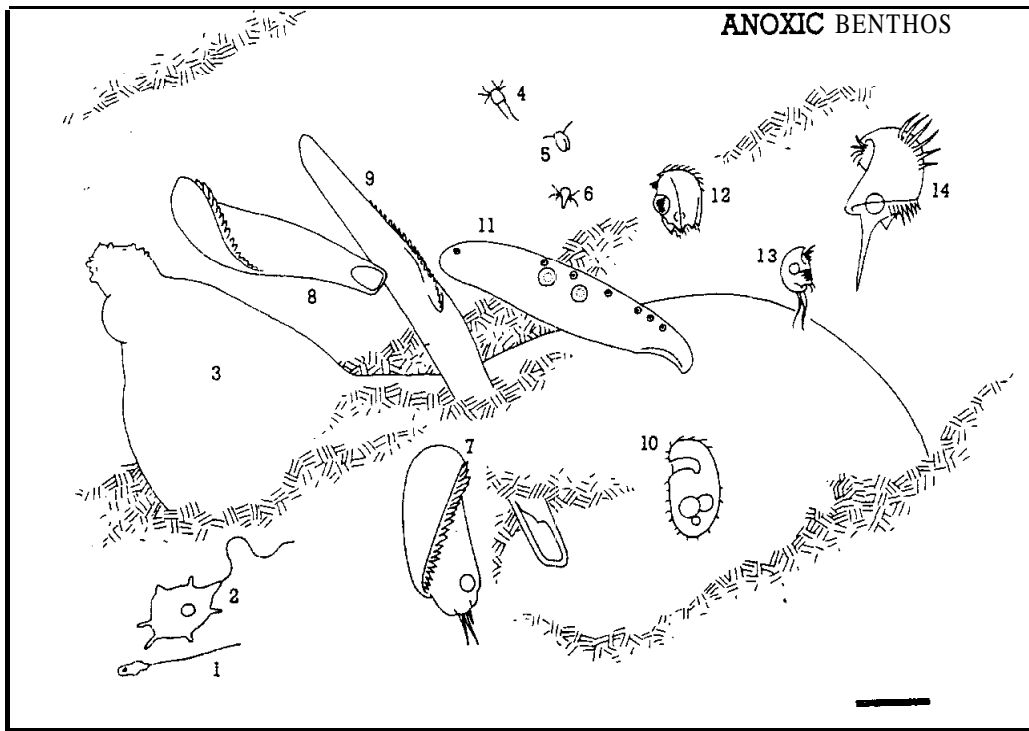
(4) ในแหล่งพื้นท้องน้ำที่ขาดออกซิเจน เมื่อสารอินทรีย์สะสมที่พื้นท้องน้ำมากขึ้น แบคทีเรียใช้ออกซิเจนเพื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์มากขึ้น(ออกซิเจนที่ละลายน้ำได้จะหมุนเวียนลงสู่พื้นท้องน้ำก็โดยการแพร่กระจายและกระแสไหลเวียนของน้ำเท่านั้น) เมื่อถึงระดับหนึ่ง พื้นท้องน้ำจะเข้าสู่สภาวะขาดออกซิเจน จึงเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยแบบไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียในบริเวณนี้จึงต้องเป็นกลุ่มที่มีกระบวนการเมแทบอลิซึมที่ใช้สารอื่นทำหน้าที่นำอิเล็กตรอนแทนออกซิเจน ได้แก่กลุ่มที่ใช้ประโยชน์จากคาร์บอนไดออกไซด์และสารประกอบหลายชนิดของซัลเฟอร์ ผลพลอยได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึม คือ มีเทน และพวกซัลไฟด์ เกลือของโลหะโดยเฉพาะเหล็ก(Fe)จึงถูกเปลี่ยนเป็นไฮดรอกไซด์ไฟต์สีดำ พร้อมทั้งปล่อยไฮโดรเจนซัลไฟด์กลิ่นเหม็นเฉพาะตัวออกมาด้วย สภาวะแวดล้อมแบบนี้อยู่ในสภาพยูกรีติวส์ จึงมีสภาวะสรีระต่างจากแหล่งน้ำที่มีออกซิเจน สิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ต้องใช้ออกซิเจนสำหรับกระบวนการเมแทบอลิซึมจึงตายอย่างรวดเร็ว แต่เป็นที่น่าสนใจว่า โปรโตซัวบางชนิดสามารถปรับตัวให้มีชีวิตรอดอยู่ในสภาพขาดออกซิเจนได้ เช่น กลุ่มของ pelobiont และ diplomonad (รูป 8-6, หมายเลข 1-6) ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นกลุ่มที่มีวิวัฒนาการเกิดก่อนกลุ่มที่ต้องใช้ออกซิเจน อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่จะเป็นโปรโตซัวที่ดำรงชีพด้วยการใช้ออกซิเจน เช่น พวกซิลิเอท(รูป 8-6, หมายเลข 7-4) ปรับเปลี่ยนมีชีวิตรอดในสภาพขาดออกซิเจนได้ เพื่อแลกกับการมีอาหารสมบูรณ์

รูป 8-5 ภาพจำลองความหลากหลายชนิดของโปรโตซัวในแหล่งพื้นท้องน้ำที่มีสารอินทรีย์มาก หมายเลข 1.-*Helkesimastix*, 2&9.-*Bodo saltans*, 3.-*Bodo caudatus*, 4.-*Heteromita*, 5.-*Cercomonas*, 6.-*Chilomonas*, 7.-*Trepomonas*, 8.-*Hexamita*,

1 *O.-Spumella*, 1 1 .-*Polytoma*, 12.-*Astasia*, 13.-*Cryptodiffugia*, 14.-*Colpidium*,
 15.-*Glaucoma*, 16.-*Paramecium caudatum*, 17.-*P. putrinum*, 1 8.-*Cyclidium*,
 19.-*Halteria*, 20.-*Holosticha*, 21 .-*Diplophrys*, 22.-*Spirostomum teres*, 23.-
Loxodes. แท่งทึบแสดงอัตราส่วนความยาว 50 นาโนเมตร (จาก Patterson, et al.,
 1992)



รูป 8 - 6 ภาพจำลองความหลากหลายชนิดของแฟลเจลเลทและซีลิเอทในแหล่งพื้นท้องน้ำที่ขาดออกซิเจน ให้สังเกตว่า สกุล *Spirostomum* และ *Loxodes* ที่พบในแหล่งน้ำทั่วไปมีความสามารถพิเศษปรับเปลี่ยนการดำรงชีพอยู่ในสภาพขาดออกซิเจนได้ หมายเลข 1.-*Mastigamoeba*, 2.-*Mastigella*, 3.-*Pelomyxa*, 4.-*Hexamita*, 5.-*Trepomonas*, 6.-*Trigonomonas*, 7.-*Brachonella*, 8.-*Metopus*, 9.-*Spirostomum*, 10.-*Flagiopyla*, 11.-*Loxodes*, 12.-*Saprodinium*, 13.-*Myeostoma*, 14.-*Caenomorpha* แท่งทึบแสดงอัตราส่วนความยาว 50 นาโนเมตร (จาก Patterson, et al., 1992)



(5) ในบ่อบำบัดน้ำเสีย แหล่งน้ำแบบนี้รับน้ำเสียที่มีสารละลายสารอินทรีย์และแบคทีเรียแขวนลอยปนเปื้อนอยู่ในระดับสูง น้ำเหล่านี้จะถูกทำให้เป็นน้ำดีต่อไปโดยกระบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรียและโปรโตซัว ซึ่งจะช่วยแยกสารอินทรีย์ออกมาในรูปของตะกอน แล้วปล่อยน้ำดีออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือเพื่อใช้ประโยชน์อย่างอื่น เนื่องจากเป็นกระบวนการทางชีววิทยา จึงมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการคือ สารปนเปื้อน อุณหภูมิ ชนิดของสารแขวนลอย ชนิดของแบคทีเรีย และปัจจัยอื่น

สองปัจจัยหลักที่มีผลต่อกระบวนการมาก คือ ช่วงเวลาสารแขวนลอยถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย และความเข้มข้นของสารแขวนลอยที่จะถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการ ในแหล่งน้ำธรรมชาติ กระบวนการดำเนินโดยเริ่มจากแบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีปริมาณมากขึ้น ซึ่งจะถูกกินโดยผู้ล่า(โปรโตซัวและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่นๆ) กลุ่มที่ทนทานต่อการมีออกซิเจนละลายในน้ำน้อยและมีความเป็นกรดสูง คือ พวกแฟลเจลเลทขนาดเล็ก ทำให้ปริมาณแบคทีเรียลดลง ช่วยให้น้ำมีการละลายของออกซิเจนเพิ่มขึ้น เป็นการลดข้อจำกัดการมีชีวิตรอดของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก แหล่งน้ำจึงมีความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเพิ่มขึ้น นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแทนที่โดยพวกซิลิเอทที่เติบโตช้า และพวกอะมีบา พวกซิลิเอทกินพวกแบคทีเรียและอะมีบา ในแหล่งน้ำธรรมชาติจึงมักพบโปรโตซัวหลายกลุ่มที่เป็นตัวแทนของระยะการเปลี่ยนแปลงแทนที่ได้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

บ่อบำบัดน้ำเสียแทบทุกแห่ง ใช้กระบวนการบำบัดทางชีววิทยา แต่เนื่องจากมีสารอินทรีย์ไหลเข้ามาสู่แหล่งน้ำอย่างต่อเนื่อง ไม่เปิดโอกาสให้มีการเปลี่ยนแปลงแทนที่ดังเช่นในแหล่งน้ำธรรมชาติ ยิ่งไปกว่านั้น การเปลี่ยนแปลงแทนที่ถูกระงับอยู่ที่ระยะหนึ่งด้วยอัตราการไหลเข้าและไหลออกของน้ำในระบบ น้ำที่ไหลผ่านระบบจะพาสสิ่งมีชีวิตบางชนิดที่เติบโตช้าออกไป ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอัตราการไหลผ่านของน้ำเร็วจึงต้องพึ่งพาสสิ่งมีชีวิตที่มีอัตราการสืบพันธุ์และเติบโตเร็วด้วย ได้แก่ โปรโตซัวขนาดเล็กพวกแฟลเจลเลท(รูป 8-7 บริเวณ A) หรือพวกซิลิเอทขนาดเล็ก(รูป 8-7 บริเวณ B) ถ้าอัตราการไหลผ่านของน้ำช้าจะพบความหลากหลายชนิดมากขึ้น โดยมีกลุ่มที่เจริญช้าเพิ่มเข้ามาในกลุ่มของโปรโตซัวด้วย คือ พวกเมตาซัว(รูป 8-7 บริเวณ D และ E)

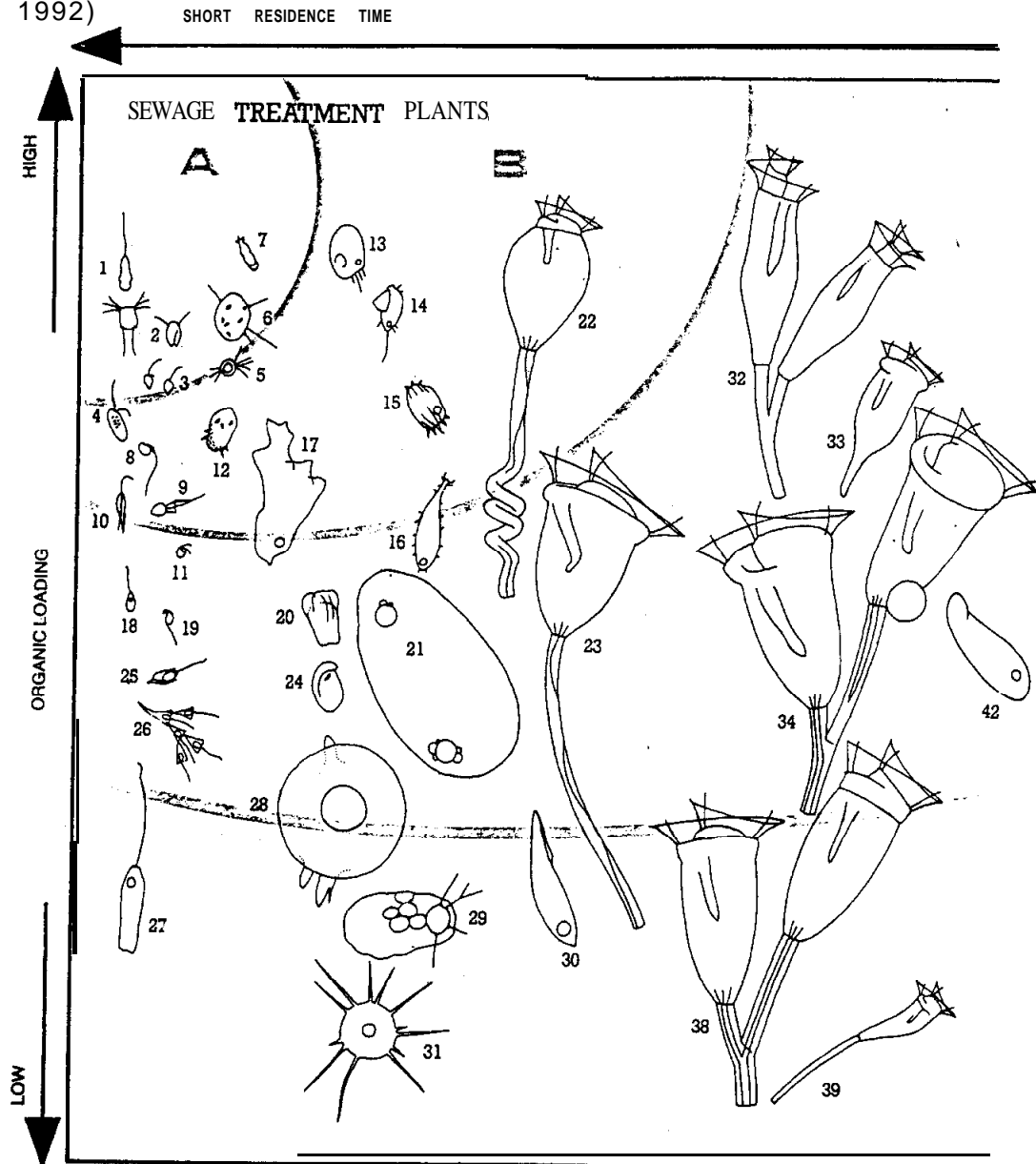
ถ้าสารอินทรีย์ไหลเข้าสู่บ่อบำบัดมากขึ้น สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กก็ต้องการออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้นจนอาจทำให้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมดไป เข้าสู่สภาวะขาดออกซิเจน แม้ว่าจะใช้กระบวนการผ่านออกซิเจนลงไปใต้น้ำก็ไม่สามารถช่วยได้ ในกรณีเช่นนี้บ่อบำบัดจึงต้องพึ่งการทำงานของสิ่งมีชีวิตที่เจริญได้ดีในสภาวะขาดออกซิเจน คือ พวก pelobiont(หมายเลข 1) และ diplomonad(หมายเลข 2) (รูป 8-7 บริเวณ A) ในกรณีที่บ่อบำบัดมีสารอินทรีย์ไหลเข้ามาจำนวนมากจนมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำน้อย ระบบบำบัดต้องพึ่งการทำงานของพวกแฟลเจลเลท อะมีบา และซิลิเอทขนาดเล็ก(รูป 8-7 หมายเลข 3-7) ซึ่งพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำเสียตามธรรมชาติ เมื่อปริมาณสารอินทรีย์ลดลงเข้าใกล้สภาวะปกติ ความหลากหลายชนิดของสิ่งมีชีวิตที่พบในสภาวะปกติจะกลับคืนมา แต่จำนวนของแต่ละชนิดในบ่อบำบัดน้ำเสียจะมีไม่มากเท่าที่พบในธรรมชาติ

บริเวณต่างๆ ในรูป 8-7 แสดงชนิดของสิ่งมีชีวิตที่พบได้ง่ายในแต่ละสภาวะของบ่อบำบัดน้ำเสีย ขอบเขตของแต่ละบริเวณและกลุ่มสิ่งมีชีวิตไม่ถูกจำกัดตายตัว แต่คาบเกี่ยวกันได้ สิ่งมีชีวิตในบริเวณ A ส่วนใหญ่เป็นพวกไม่ใช้ออกซิเจน หรือพวกที่ใช้ ออกซิเจนขนาดเล็ก พบในบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงและมีอัตราการบำบัดเร็ว* บริเวณ B ประกอบด้วยชนิดที่กินแบคทีเรียและมีความทนทานต่อสิ่งมลพิษ พบในบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณของสารอินทรีย์สูง แต่ไม่ถึงขั้นเต็มพิกัด บำบัดน้ำเสียคุณภาพพอใช้ได้ บริเวณ C ประกอบด้วยกลุ่มชนิดที่เจริญช้าจึงใช้สารอินทรีย์ได้เต็มที่ น้ำที่บำบัดได้มีคุณภาพดี บริเวณ D และ E ประกอบด้วยกลุ่มชนิดที่เจริญช้าและอยู่นานกว่าบริเวณ C มักเป็นกลุ่มที่พบทั่วไปในคูคลองของแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำที่บำบัดได้มีคุณภาพดีและมีปริมาณตะกอน(sludge)น้อย ช่วยลดค่าใช้จ่ายสำหรับการนำตะกอนไปทิ้ง แต่บ่อบำบัดน้ำเสียประเภทนี้ก็มีข้อเสียที่ประสิทธิภาพการทำงานต่ำ เนื่องจากอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ช้าและไม่สามารถเร่งให้เร็วขึ้น

รูป 8-7 ภาพจำลองแสดงความหลากหลายชนิดของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในบ่อบำบัดน้ำเสียหลายประเภท บริเวณ A เป็นชนิดที่พบในบ่อบำบัดที่มีสารอินทรีย์มาก อัตราการบำบัดเร็ว บริเวณ B C D และ E เป็นชนิดที่พบในบ่อบำบัดที่มีสารอินทรีย์ลดลง อัตราการบำบัดช้าลงตามลำดับ ดังคำอธิบายในตาราง ชื่อชนิด(หรือสกุล)ตามหมายเลข คือ 1.-*Mastigamoeba*, 2.-*Hexamita* และ *Trepomonas*, 3.-*Paraphysomonas* และ *Oicomonas*, 4.-*Chilomonas*, 5.-*Diplophrys*, 6.-*Pamphagus(Chlamydo-phrys)*, 7.-*Vahlkampfia*, 8.-*Bodo saltans*, 9.-*Monosiga*, 10.-*Corcomonas*, 11.-*Goniomonas*, 12.-*Cochliopodium*, 13.-*Cinetochilum*, 14.-*Cyclidium*, 15.-*Aspidisca*, 16.-*Trachelophyllum*, 17.-*Mayorella*, 18.-*Petalomonas*, 19.-*Rhynchomonas*, 20.-*Thecamoeba*, 21.-*Paramecium putrinum*, 22.-*Vorticella microstoma*, 23.-*Vorticella spp.* 24.-*Chilodonella*, 25.-*Bicosoeca*, 26.-*Poteriodendron*, 27.-*Peranema*, 28.-*Arcella*, 29.-*Trinema*, 30.-*Litonotus*, 31.-*Actinophrys*, 32.-*Opercularia*, 33.-*Rhabdostyla*, 34.-*Carchesium*, 35.-*Trithigmostoma*, 36.-*Hemiophrys*, 37.-*Oxy*

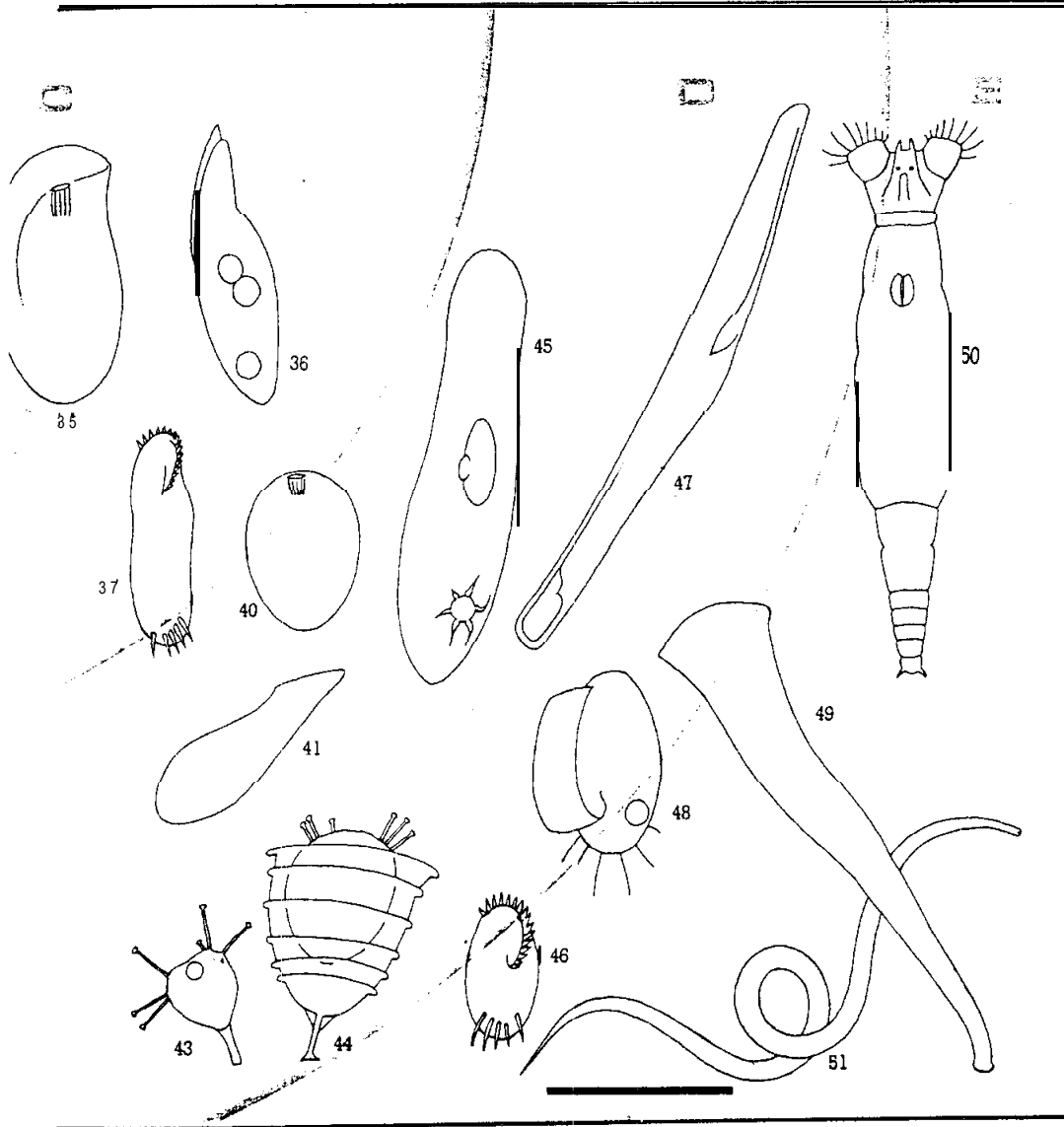
* มักเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียในเขตเมืองที่มีประชากรหนาแน่น มีปริมาณของเสียไหลเข้าสู่บ่อมากและรวดเร็ว น้ำที่บำบัดได้มักขุ่นไม่ได้มาตรฐาน

tricha, 38.-Zoothamnium, 39.-Vorticella hamata, 40.-Prorodon, 41.-Spathidium, 42.-Colpidium, 43.-Tokophrya, 44.-Acineta, 45.-Paramecium caudatum, 46.-Euplotes, 47.-Spirostomum, 48.-Pleuronema, 49.-Stentor, 50.-rotifer, 51.-nematode. แท่งที่บแสดงอัตราส่วนความยาว 100 นาโนมิเตอร์ (จาก Petterson, et al., 1992)



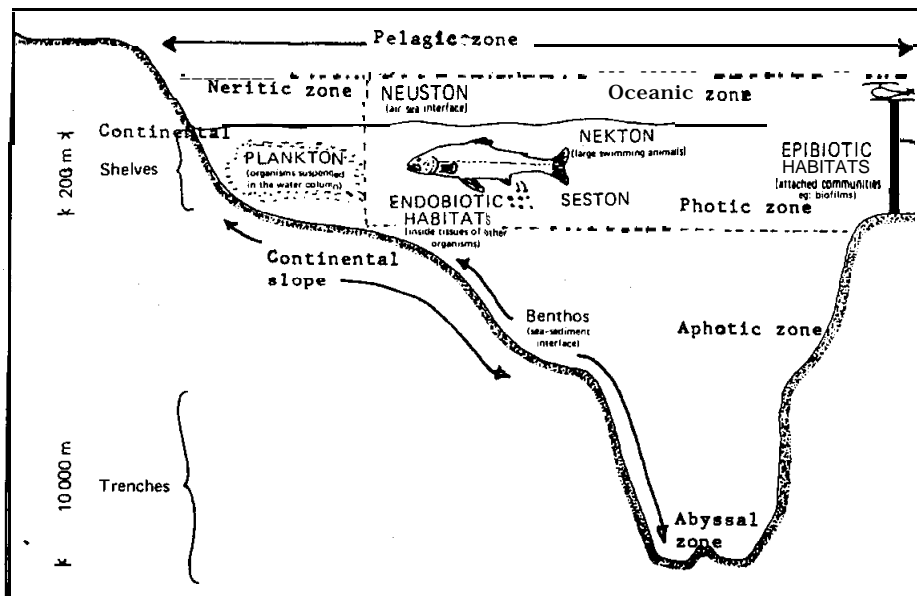
ส่วนต่อของรูป 8-7

LONG RESIDENCE TIME



8.1.2 โปรโตซัวในระบบนิเวศน้ำเค็ม ความหลากหลายของชนิดและปริมาณของโปรโตซัวมีมากกว่าในน้ำจืด อาจกล่าวได้ว่าน้ำเค็ม(รวมถึงน้ำกร่อย)เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของโปรโตซัวทุกไฟลัม แม้กระทั่งพวกโรโซพอดที่ไม่มีเปลือกหุ้ม(*Amoeba*)ก็อาศัยแบบอยู่ร่วมกันในสาหร่ายสีน้ำตาล(*Sargassum* spp.) พวกเอพิคอมเพลกซันอาศัยอยู่ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและมีกระดูกสันหลังในรูปของปรสิต ระบบนิเวศน้ำเค็มถูกแบ่งอาณาบริเวณมีรายละเอียดซับซ้อนกว่าระบบนิเวศน้ำจืด(รูป 8-8) โดยหลักการแบ่งเป็น 2 บริเวณคือ (1) เพลลาจิกโซน(*pelagic zone*) และ (2) เบนทิกโซน(*benthic zone*) แต่ละบริเวณแบ่งย่อยตามความลึก สภาพการส่องสว่างของแสง ระดับน้ำขึ้น-น้ำลง และคุณสมบัติทางกายภาพอื่น* ในเพลลาจิกโซนมีโปรโตซัวเป็นส่วนประกอบหลักของแพลง

รูป 8-8 แผนภาพการแบ่งแหล่งน้ำทะเลและมหาสมุทรออกเป็นเขต บริเวณเพลลาจิกเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมากที่สุด (ดัดแปลงจาก Austin, 1988 และ Lerman, 1986)



* ศึกษารายละเอียดการแบ่งเขตระบบนิเวศทางทะเลได้จากตำรานิเวศวิทยาและวาริชศาสตร์

ตอนสัตว์* ในเบนทิกโซนหรือเบนทอสมีโปรโตซัวน้อย มักอาศัยแทรกอยู่ระหว่างเม็ดทราย ดินโคลน เกาะยึดกับก้อนหินหรือทรากสารอินทรีย์ทำนองเดียวกันกับพวกที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด

แพลงตอนพืช(รวมถึงไฟโทแพลเจลเลทด้วย) เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญและมีบทบาทในฐานะผู้ผลิตในระบบนิเวศน้ำเค็ม ได้แก่ ไดอะตอม ไดโนแฟลเจลเลท คอคโคลิโทฟอรัส(*coccolithophore*) และซิลิโคแฟลเจลเลท(*silicoflagellate*)** กลุ่มที่มีบทบาทมากในฐานะผู้ผลิตแต่ไม่ถือว่าเป็นโปรโตซัว คือ สาหร่ายสีเขียว และไซแอนแบค ที่เรียกดายอะตอมเป็นกลุ่มเด่นพบง่ายในทะเลที่อุณหภูมิของน้ำค่อนข้างต่ำ หลายชนิดมีโครงสร้างที่ปรับเปลี่ยนสำหรับการลอยตัวได้ดี(รูป 8-9) ในทางตรงกันข้าม ไดโนแฟลเจลเลทเป็นกลุ่มเด่นพบง่ายในทะเลเขตร้อน ขณะที่คอคโคลิโทฟอรัสและซิลิโคแฟลเจลเลทพบได้ทั่วไปในทุกมหาสมุทร แต่ถูกลากแพลงตอนที่ใช้ในงานประจำขนาดรูกว้างเกินไป(16-25 นาโนเมตร) จึงทำให้แพลงตอนสองกลุ่มหลังนี้หลุดรอดดูไม่สามารถรวบรวมตัวอย่างได้มากนัก ทั้งๆที่มีบทบาทเป็นผู้ผลิตที่สำคัญกลุ่มหนึ่ง

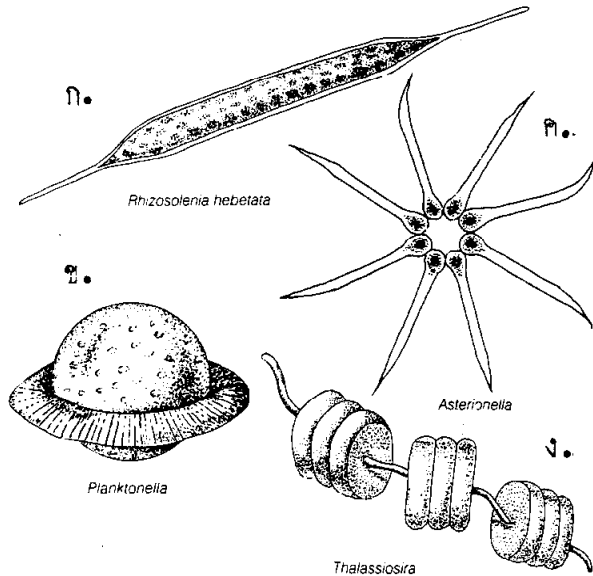
เมกลิทซ์(Meglitsch, 1972) รายงานชนิดของแพลงตอนทะเลไว้หลายพันชนิดในหลายฟิล์ม กลุ่มที่เด่นในเขตเพลลาจิก คือ ไดโนแฟลเจลเลท เช่น *Noctiluca scintillans* ซึ่งเรืองแสงในคืนข้างแรมเนื่องจากเซลล์มีสาร ลิวซิเฟอริน(*luciferin*) *Gonyaulax tamaris* และ *Gonyaulax breve* พบมากในทะเลที่มีปรากฏการณ์ ซึบลาวาพ(red tide) การที่พบพวกไดโนแฟลเจลเลทมาก อาจเนื่องจากคุณสมบัติพิเศษหลายประการของโปรโตซัวในฟิล์มนี้ที่เหมาะสมต่อการมีชีวิตรอด กล่าวคือ นอกจากมีแฟลเจลลาสำหรับช่วยให้เคลื่อนที่เหมือนโปรโตซัวส่วนใหญ่แล้ว ยังมีพลาสติกสำหรับใช้ในกระบวนการสังเคราะห์

* Austin, 1988 จำแนก zooplankton และ bacterioplankton ตามขนาดเป็นนาโนเมตรจากเล็กสุดขึ้นไปจนถึงใหญ่สุด คือ femtoplankton(0.02-0.2), picoplankton (0.2-2.0), nanoplankton(2.0-20), microplankton(20-200), mesoplankton (0.2-20 mm), macroplankton(20-200 mm), megaplankton(200-2000 mm) ตั้งแต่เมโซแพลงตอนขึ้นไปขนาดมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

** coccolithophore และ silicoflagellate ตามตำราของ Lerman, 1986 จัดไว้ใน Class Chrysophyceae, ตำราของ Margulis, et al., 1993 จัดไว้ใน Class Dictyochophyceae ของ Phylum Chrysophyta

ด้วยแสง ทำให้หากินอิสระได้ทั่วไปในทุกแหล่งน้ำที่แสงส่องถึง ยิ่งไปกว่านั้น ส่วนใหญ่มีโครงสร้างลักษณะเป็นถุงเรียกว่าพิวซูล(pusule)(รูป 15-2 ข.) เชื่อกันว่าทำหน้าที่ควบคุมแรงดันออสโมซิส(osmoregulation) จึงสามารถดำรงชีพอยู่ได้ทั้งในน้ำเค็มและน้ำจืด

รูป 8-9 ภาพจำลองโครงสร้างของไดอะตอมบางชนิดที่มีลักษณะเหมาะสมสำหรับ

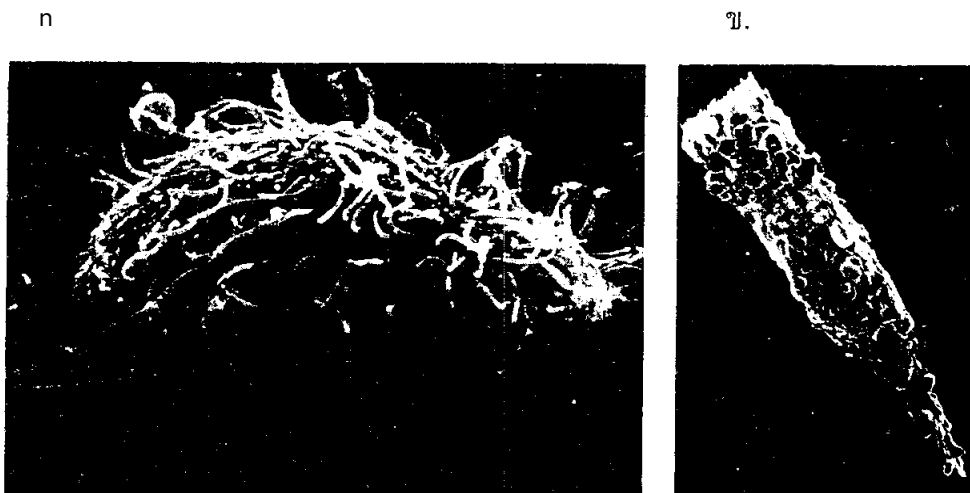


การลอยตัวอยู่ในน้ำ เช่น ก. เซลล์แบนปลายแหลมร้อนไปมาได้ง่าย(*Rhizosolenia hebetata*) ข. เซลล์แผ่แบนเป็นรูปถ้วย(*Planktonella*) ค. เซลล์รวมกันเป็นวงแผ่ออกตามแนวรัศมี(*Asterionella*) ง. เซลล์ต่อกันเป็นเส้นเกลียว(*Thalassiosira*) รูปทรงเหล่านี้ปรับเปลี่ยนให้มีการต้านแรงดึงดูดของโลก ทำให้ไม่จมลงสู่พื้นท้องน้ำ(จาก Lerman, 1986)

โปรโตซัวกลุ่มแพลงตอนสัตว์ในทะเลที่มีความหลากหลายของชนิดมากที่สุด ได้แก่ พวกซิลิเอท(รูป 8-10) มักพบบริเวณเบนทอสัติน ที่พบมากกว่ากลุ่มอื่น คือ tintinnid (Suborder Tintinnina, Order Choreotricha, Class Spirotrichea) ทินทินนิตเป็นซิลิเอททะเลขนาดเล็ก มีซิเลียเรียงเป็นแถวด้านหน้าเซลล์ ทำหน้าที่พัดโบกอาหารเข้าสู่ช่องปาก เซลล์หุ้มด้วยลอร์คาทรงแจกัน(รูป 8-10 ข. และ ค.) ซิลิเอทที่มีความหลากหลายรองลงมาได้แก่ พวกเฮเทโรทริซ(*Folliculina, Gruberia*) พวกไฮพอทริซ(*Aspidisca, Diophrys*) พวกไฮเมโนสโทมาทิดา(*Cohnilembus, Uronema*) และพวกจิมโนสโทมาทิดา(*Mesodinium*) สำหรับซิลิเอทที่อาศัยอยู่ระหว่างอนุภาคของเม็ดทราย(จากรายงานของ Sleight, 1973)ได้แก่พวกไฮเมโนสโทมาทิดา(*Pleuronema*)และพวกจิมโนสโทมาทิดา(*Centrophereella, Chaenia, Geleia, Lionotus, Remanella, Trachelocerca*) เป็นต้น แพลงตอนสัตว์ในทะเลที่มีความหลากหลายรองลงมาจากพวกซิลิเอท ได้แก่ พวกฟอแรมินิเฟอราน(ไฟลัมแกรนิวอลเวทิกิวลอลชา)และเรดิโอแลเรียน(ไฟลัมแอกทิโนพอดา) ทั้งสองกลุ่มพบ

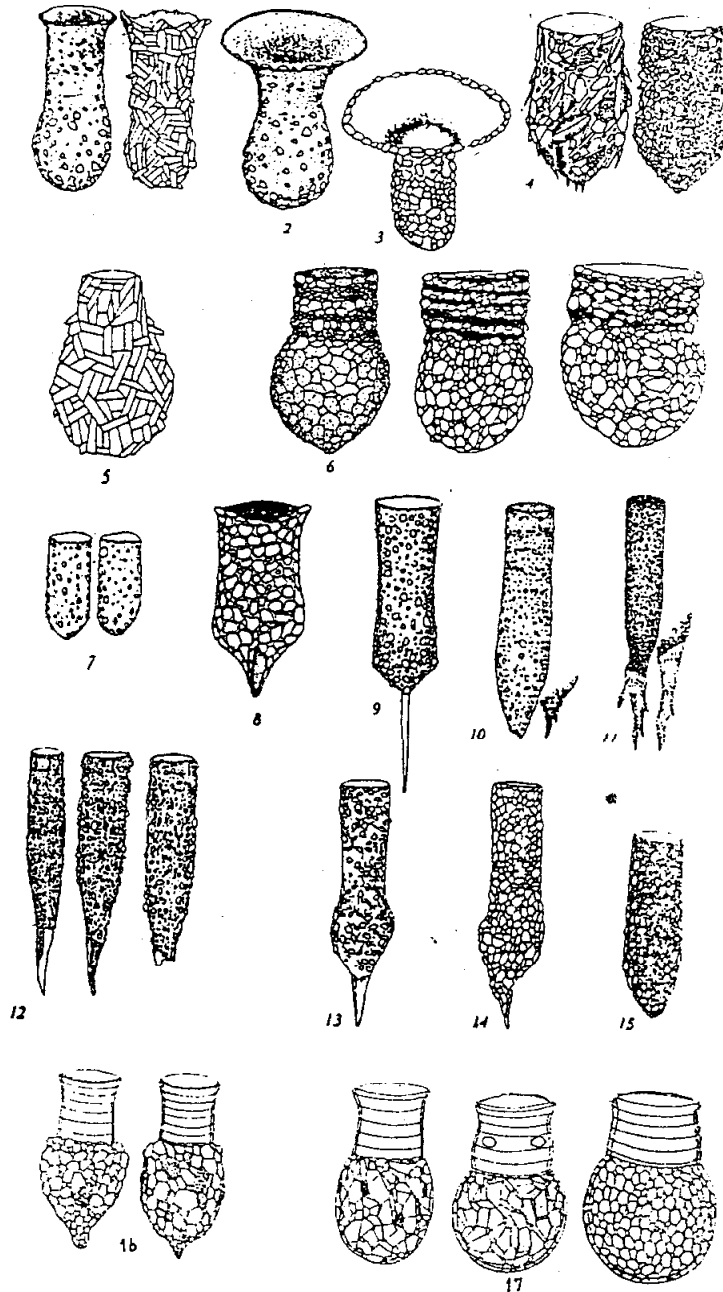
ได้ทั้งในเขตเขลาจิกและเบนทอส ส่วนใหญ่พบในเขตเบนทอสลึก ฟอแรมินิเฟรานมีเปลือกเป็นสารประกอบแคลเซียมลักษณะคล้ายเปลือกหอย(รูป 1-18 และรูป 8-11) แต่เปลือกของเรดิโอแลเรียนเป็นสารประกอบซิลิกาใสคล้ายแก้ว(รูป 1-15 ก. และรูป 8-12) เปลือกของทั้งสองกลุ่มทนแรงดันของน้ำได้ดี เมื่อตายสะสมกันเป็นส่วนประกอบสำคัญของชั้นหินพื้นท้องทะเลมาตั้งแต่มหายุคเพลิโอโซอิก เรียกชั้นหินนี้ว่า ฟอแรมินิเฟรานอูซ และเรดิโอแลเรียนอูซ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก ชั้นหินเหล่านี้ถูกยกขึ้นมาเหนือทะเล พบได้หลายแห่ง เช่น ที่หน้าผาบริเวณช่องแคบโดเวอร์ ประเทศสหราชอาณาจักร เนื้อหินส่วนใหญ่ประกอบด้วยเปลือกของฟอแรมินิเฟรานชนิด *Globigerina bulloides* แม้กระทั่งหินปูนที่ใช้สร้างมหาพีระมิดของอียิปต์ก็มีส่วนประกอบเป็นเปลือกของฟอแรมินิเฟราน สำหรับพวกไรโซพอดา(อะมีบา)นั้นแทบไม่พบเลย

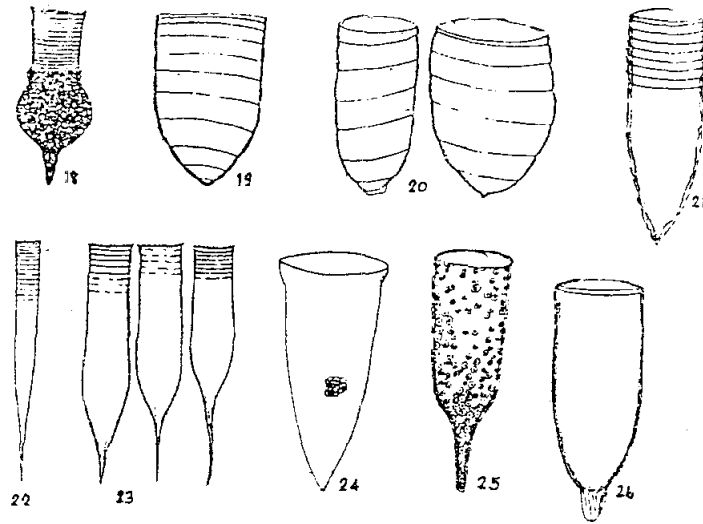
รูป 8-10 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ ก. ซิลิเกตทะเล ข. ลอริคาของหินหินนิตทะเล *Tintinnopsis radix* (จาก Lerman, 1986)



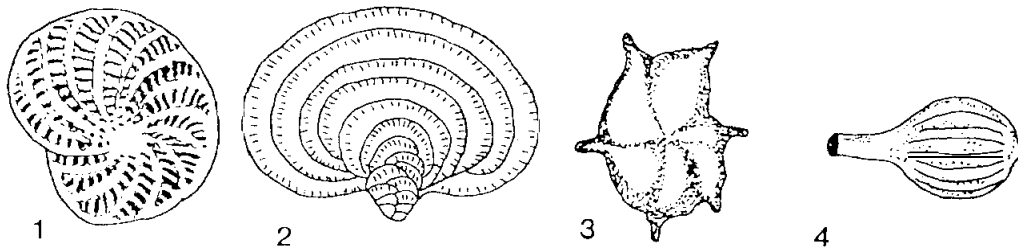
รูป 8- 10 ค. ภาพจำลองลอริคาของหินหินนิตทะเลชนิดต่าง ๆ หมายเลข 1- 15 สกุล *Tintinnopsis* ได้แก่ 1 - *T. directa*, 2. -- *T. biitchlii*, 3. - *T. mortensenii*, 4. - *T. tubulosa*, 5.-*T. nucula*, 6.-*T. lohmani*, 7.-*T. nana*, 8.-*T. uroguayensis*, 9.-*T. platensis*, 10.-*T. pseudocylinder*, 11.-*T. corniger*, 12.-*T. radix*, 13.-*T. aperta*, 14. - *T. tocaninensis*, 15.-*T. gracilis*, หมายเลข 16- 18 สกุล *Codonellopsis* ได้แก่ 16.-*C. borealis*, 17.- *C. frigida*, 18.-*C. parva*, 19.-*Coxiella longa*, 20.-*Coxiella*

ampla, หมายเลข 2 1 - 2 3 สกุล *Hellicostomella* ได้แก่ 21.-*H. longa*, 2 2 . - *H. subulata*, 2 3.-*H. fusiformis*, 24.-*Cyttarocyclus magna*, 2 5.-*Poroecus spiculatus*, 26.-*Favella ehrenbergii* (Pin Yamaji, 1979)

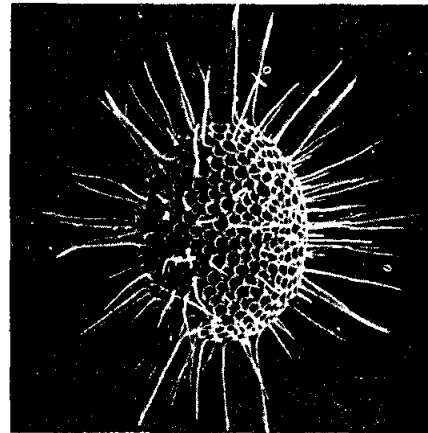




รูป 8-1 1 ภาพจำลองโครงสร้างเปลือกของฟอแรมินิเฟอราน(ไฟลัมแกรนิวโลเรทีคิวลอลา) หมายเลข 1 .-*Elphidium crista*, 2.-*Pavonina flabelliformis*, 3.-*Hantkenia alaba mensis*, 4.-*Lagena striata* (จาก Austin, 1988)



รูป 8-12 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเรดิโอแลเรียนทะเล *Heliodiscus asteriscus* (จาก Lerman, 1986)



8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโปรโตซัวกับมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น

ในระบบนิเวศย่อมต้องมีประชากรของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกันโดยมีความสัมพันธ์กันทั้งในชนิดเดียวกันเองและต่างชนิด ความสัมพันธ์ดังกล่าวมีหลายรูปแบบ คือ การเป็นผู้ผลิต ผู้บริโภค ผู้ล่า ผู้ถูกล่า การแก่งแย่ง สภาวะอยู่ร่วมกัน(symbiosis) สภาวะปรสิต(parasitism) และรูปแบบอื่น ความสัมพันธ์เหล่านี้เป็นกลไกตามธรรมชาติที่นำสู่ความสมดุลของระบบนิเวศ โปรโตซัวนอกจากการมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศทั้งในฐานะผู้ผลิตและผู้บริโภคลำดับแรกของระบบนิเวศแล้ว ยังมีบทบาทอื่นที่จะช่วยจรรโลงให้ประชากรของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศพอเหมาะต่อการใช้ทรัพยากรด้วย กลไกของสภาวะการอยู่ร่วมกันและปรสิตกับสิ่งมีชีวิตอื่น ทั้งในสัตว์มีกระดูกสันหลัง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง พืช รวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นมามีสภาวะอยู่ร่วมกันหรือปรสิตอยู่ในโปรโตซัวด้วย เนื่องจากโปรโตซัวมีขนาดเล็ก เมื่ออาศัยร่วมอยู่กับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่น จึงยากต่อการจำแนกว่าสภาวะอยู่ร่วมกันนั้นเป็นรูปแบบใด อาจอยู่ร่วมกันโดยต่างฝ่ายไม่ได้ไม่เสียประโยชน์(neutralism) ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์แต่อีกฝ่ายไม่เสียประโยชน์(commensalism) หรือทั้งสองฝ่ายอำนวยประโยชน์ซึ่งกันและกัน(mutualism) เมื่อฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์อีกฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์(สภาวะปรสิต) มักพอสังเกตเห็นได้ เช่น สภาวะการเจริญถดถอยจนอาจถึงตาย จึงจะแยกการอยู่ร่วมกันออกมาเป็นสภาวะปรสิตได้เด่นชัดขึ้น โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและมนุษย์

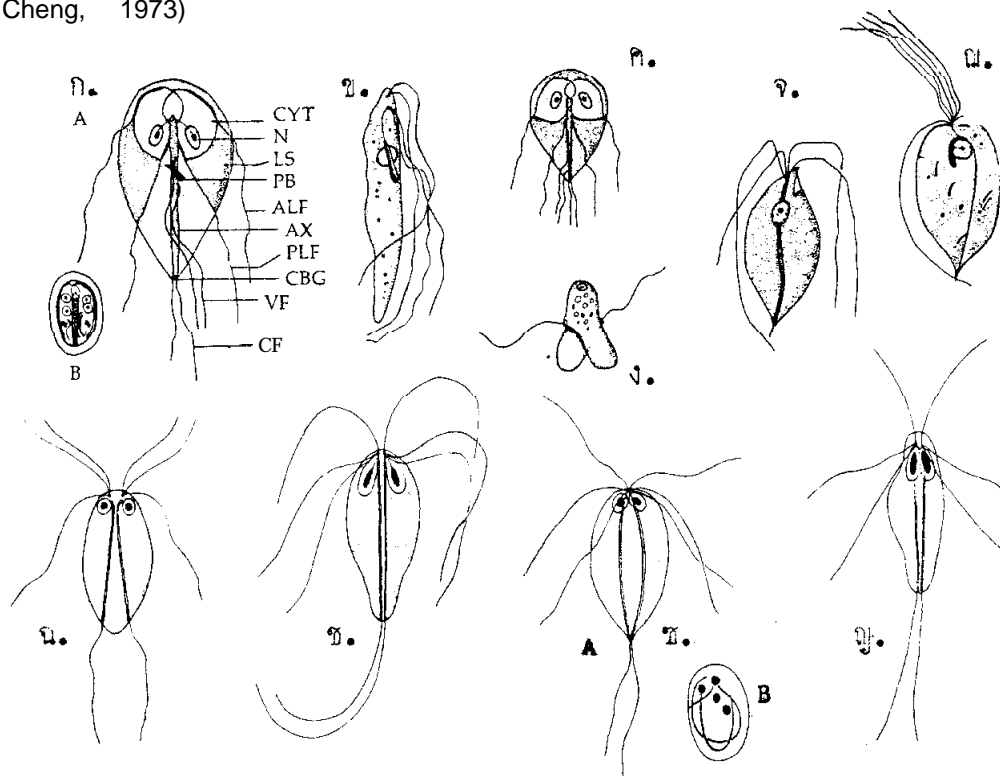
8.2.1 สภาวะอยู่ร่วมกันและปรสิตในมนุษย์ เหตุจูงใจสำคัญที่ทำให้ผู้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโปรโตซัวกับมนุษย์ คือ การมีโรค ซึ่งบั่นทอนสุขภาพ จนบางครั้งถึงกับเสียชีวิต จึงทำให้มีการศึกษาสาเหตุของการเกิดโรคกันมาก โปรโตซัวเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค จึงมีผู้ศึกษาโปรโตซัวที่เป็นปรสิตมากกว่าโปรโตซัวที่อยู่ในสภาวะอยู่ร่วมกัน นำไปสู่วิชาปรสิตวิทยา ซึ่งมีเนื้อหาสาระครอบคลุมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นที่เป็นปรสิตต่อมนุษย์ด้วย ในที่นี้จะกล่าวถึงโปรโตซัวที่เป็นปรสิตในมนุษย์พอสังเขป คือ

(1) ในระบบทางเดินอาหาร เป็นระบบที่มีโปรโตซัวอาศัยอยู่แบบปรสิตและแบบอยู่ร่วมกันหลายชนิด เริ่มตั้งแต่ปากเรื่อยลงมาจนถึงทวารหนัก ที่พบบ่อยคือ พวกไรโซพอด แฟลเจลเลท และซีลิเอท

ปรสิตไรโซพอดมีความหลากหลายมาก เช่น *Entamoeba gingivalis* พบบริเวณคราบฟันโดยเฉพาะที่บริเวณเหงือกบวม ปกติไม่ทำให้เกิดโรค *Entamoeba hartmani*

และ *Entamoeba coli* อาศัยแบบอยู่ร่วมกันในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ตามลำดับ ชนิดที่ทำให้เกิดโรคท้องร่วงร้ายแรงที่เรียกว่า **amoebic dysentery** คือ *Entamoeba histolytica* (รูป 2-9 ก.) ระยะโทรโฟซอยท์ทำลายเยื่อผนังลำไส้ส่วนดูโอเดนิม และถ้าป่วยเรื้อรัง

รูป 8-13 ภาพจำลองตัวอย่างซูโอแมสทีจิณาที่ดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในลำไส้เล็กของสัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ก. *Giardia lamblia*(intestinalis) ในมนุษย์ A. ระยะโทรโฟซอยท์ B. ระยะซิสต์ ข. *Karotomorpha bufonis* ในกบและคางคก ค. ระยะโทรโฟซอยท์ของ *Giardia muris* ในหนู ง. *Trepomonas agilis* ในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ จ. *Eutrichomastix serpentis* ในงู ฉ. *Hexamita meleagridis* ในไก่วงว ข. *Hexamita salmonis* ในปลาเทราท์ ซ. *Hexamita intestinalis* ในกบ A. ระยะโทรโฟซอยท์ B. ระยะซิสต์ ฉ. *Hexamastix termopsidis* ในปลวก ญ. *Hexamita cryptocerci* ในแมลงสาบกินเนื้อไม้ ALF-anterior lateral flagellum, AX-axostyle, CBG-caudal basal granule, CF-caudal flagellum, CYT-cytostome, LS-lateral shield, N-nucleus, PB-parabasal body, PLF-posterior lateral flagellum, VF-ventral flagellum (จาก Cheng, 1973)

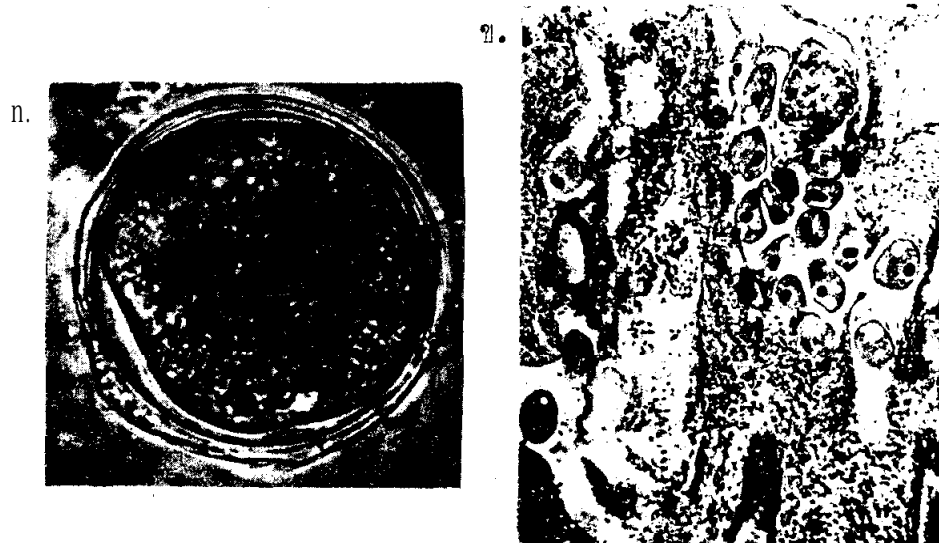


อาจตีบลานผ่านท่อน้ำดีเข้าสู่ตับ ทำให้เกิดอาการตับอักเสบ(amoebic hepatitis) ะมี
บาสกุลอื่น(*Endolimax, Iodamoeba, Dientamoeba*) ไม่ก่อให้เกิดโรค

ปรสิตแฟลเจลเลทในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์พบน้อย ที่ทำให้เกิดอาการ
ท้องร่วงได้ คือ *Giardia lamblia* (รูป 8-13 ก. A และ B) อาศัยอยู่ในลำไส้เล็ก
Trichomonas ที่อาศัยอยู่ในปากและในลำไส้ไม่ทำให้เกิดโรค แต่ *Trichomonas vaginalis*
(รูป 8-25 ข.) ที่พบในช่องคลอดของสตรีทำให้เกิดอาการระคายเคืองและอาการตกขาว

ปรสิตซิลิเอทในลำไส้ทำให้เกิดอาการท้องร่วงได้แต่ไม่รุนแรงมีเพียงชนิดเดียวคือ
Balantidium coli (รูป 8-14) นอกจากพบในมนุษย์แล้วยังพบในสัตว์พวกสุกรอีกด้วย

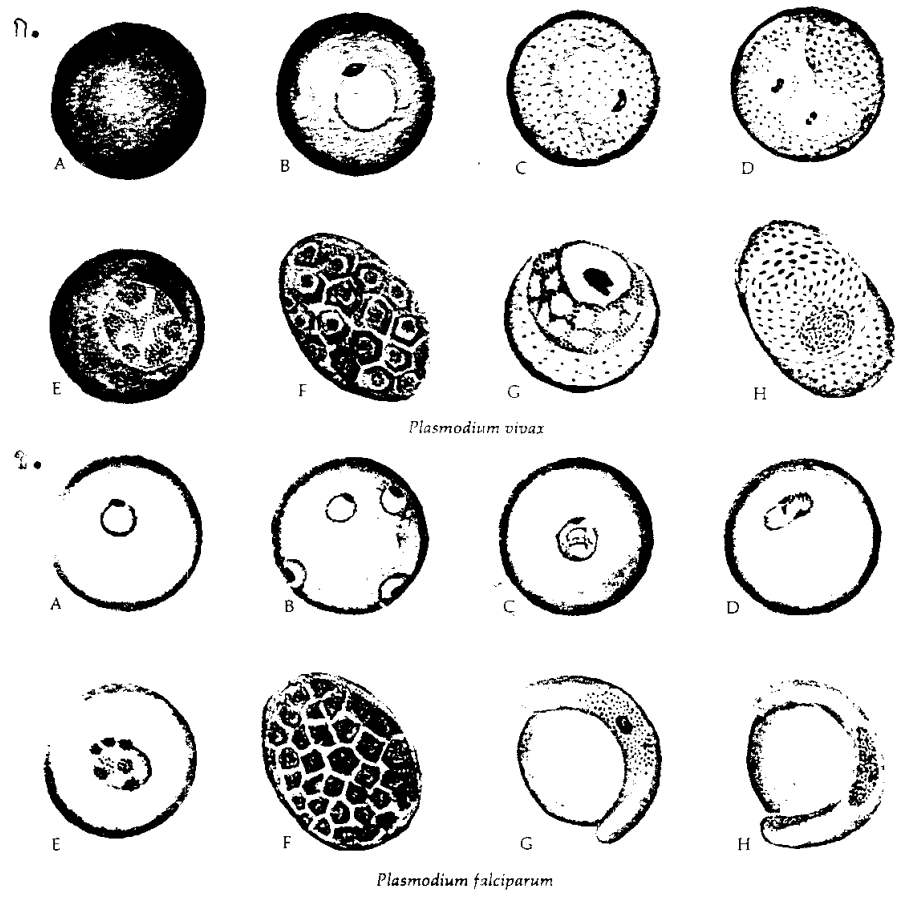
รูป 8-14 ปรสิตซิลิเอท *Balantidium coli* ในลำไส้ของมนุษย์และสุกร ก. ภาพ
ถ่ายระยะซิสต์ ข. ภาพถ่ายเนื้อเยื่อเนืองบางของลำไส้ใหญ่(ย้อมด้วยสีฮีมาทอกซิลิน &
อีโอซิน) แสดง *B. coli* (ลูกศร) เข้าไปทำลายชั้นมิวคอสซา (จาก Adam, et al., 1971)



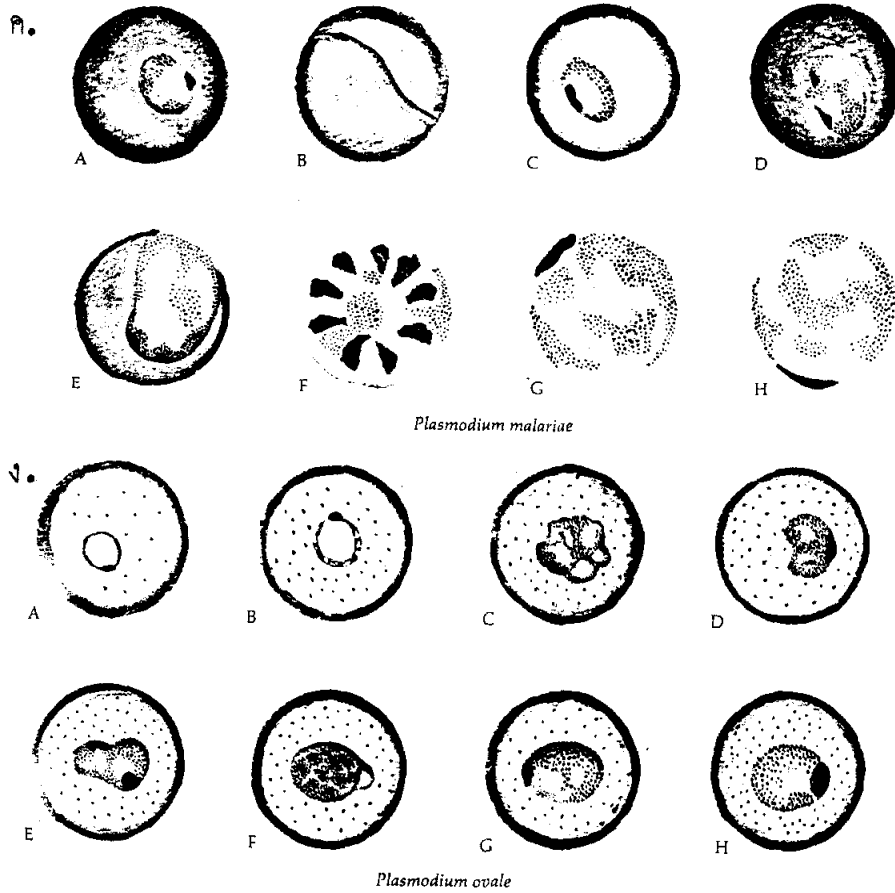
(2) ในระบบเลือดน้ำเหลือง ปรสิตโปรโตซัวในระบบนี้ส่วนใหญ่อยู่ในฟิลัม
เอพิกอมเพลกซาและซูโอแมสทีจิงา สกุลที่ทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของมนุษย์มากคือ
Plasmodium ที่อาศัยอยู่ในเม็ดเลือดแดง เป็นสาเหตุของโรคไข้จับสั่นมี 4 ชนิด คือ *P.*
vivax, P. falciparum, P. malariae และ *P. ovale* (รูป 8-15 ก. ข. ค. และ ง. ตาม
ลำดับ) ทุกชนิดสืบพันธุ์แบบสลับระหว่างไม่อาศัยเพศในสัตว์มีกระดูกสันหลัง(มนุษย์)
และอาศัยเพศในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง(ยุงก้นปล่อง)ทำนองเดียวกับสกุลอื่น(*Hae-*

moproteus, *Leucocytozoon*) ในชั้น Haematozoa (รูป 4-8) โดยยุงทำหน้าที่เป็นทั้งโฮสต์กึ่งกลางและพาหะ(vector) นำโรคด้วย ชนิดที่เป็นอันตรายร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิต และมีปัญหาที่ยากที่สุด คือ *P. falciparum* ซึ่งปัจจุบันยังพบระบาดอยู่ในเขตร้อนชื้นทั่วโลก รวมทั้งในกลุ่มผู้ที่อาศัยอยู่ตามชายแดนไทย-กัมพูชา และไทย-เมียนมาร์ด้วย

รูป 8 - 15 ภาพจำลองระยะการเจริญของพลาสโมเดียมในเซลล์เม็ดเลือดแดงของมนุษย์ n. *P. vivax* A-normal human erythrocyte, B-young signet-ring form trophozoite, C-growing trophozoite, D-two amoeboid trophozoite, E-early schizont, F-mature schizont, G-mature macrogametocyte, H-mature microgametocyte ข. *P. falciparum* A-ring form trophozoite, B-multiple infection, C-nearly mature trophozoite with pigmented granule, D-early schizont, E-growing schizont, F-mature schizont, G-mature macrogametocyte, H-mature microgametocyte ให้สังเกตระยะ gametocyte ลักษณะคล้ายไส้กรอก(sausage)



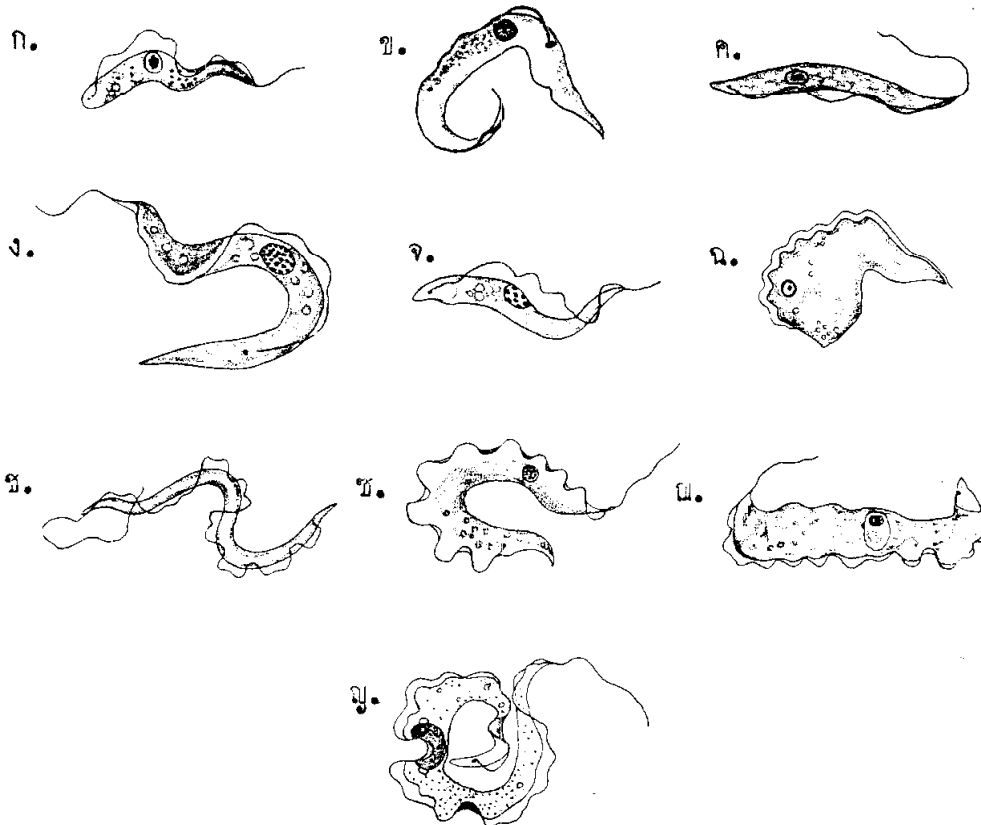
ค. *P. malariae* ระยะต่าง ๆ คล้าย *P. vivax* ให้สังเกตระยะ mature schizont แม้เป็นรูปกลีบดอกกุหลาบ (rosette) ง. *P. ovale* ระยะต่าง ๆ คล้าย *P. vivax* แต่รายละเอียดปลีกย่อยต่างออกไป (จาก Cheng, 1973)



สกุล *Trypanosoma** (รูป 8-16) มีมากชนิด ที่ทำให้เกิดโรคในมนุษย์มี 3 ชนิด คือ *T. rhodesiense*, *T. gambiense* และ *T. cruzi* (รูป 4-6) อาศัยอยู่ในน้ำเลือดทำให้เกิดอาการเหงาหลับ สกุล *Leishmania* มีหลายชนิด อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำให้เกิดโรคหลายลักษณะ เช่น เป็นแผลลักษณะคล้ายคุดทะราด

* อ่านการเปลี่ยนรูปร่างและการแบ่งเซลล์ของทริพาโนโซมในข้อ 4.1.2

รูป 8-16 ภาพจำลองตัวอย่างปรสิตซิติเอทสกุล *Trypanosoma* ในน้ำเลือดของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ก. *T. brucei* ในลา ข. *T. melophagium* ในแกะ ค. *T. duttoni* ในหนู ง. *T. theileri* ในปลาคัสต์ว์ จ. *T. evansi* ในม้า ฉ. *T. rotatorium* ในกบ ช. *T. diemyctyli* สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ(newt) ซ. *T. giganteum* ในปลา(*Raja oxyrinchus*) ฅ. *T. percae* ในปลา(*Perca fluviatilis*) ญ. *T. granulorum* ในปลาไหลน้ำจืด(eel) ให้สังเกตรูปร่างของทริพาโนโซมในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ(จ) ที่อ้วนป้อมกว่าในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (จาก Cheng, 1973)



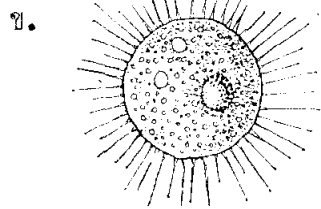
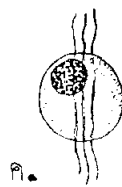
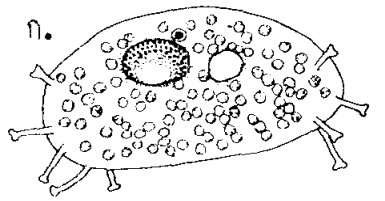
8.2.2 สภาวะอยู่ร่วมกันและปรสิตในสิ่งมีชีวิตอื่น ข้อมูลเกี่ยวกับโปรโตซัวในสิ่งมีชีวิตอื่นไม่ได้รับความสนใจศึกษารายละเอียดมากเทียบเท่าที่เกี่ยวข้อกับมนุษย์ เนื่องจากความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมีมากจนสำรวจได้ไม่ครบถ้วน จึงยังมีโปรโตซัวที่ยังไม่ได้รับการสำรวจอีกมาก ข้อมูลส่วนใหญ่ได้มาจากการศึกษาเรื่องของสัตว์เศรษฐกิจ สิ่งมีชีวิตอื่นนอกจากกลุ่มนี้มักได้ข้อมูลมาโดยบังเอิญ

(1) ในโปรติสต์ ประมาณกันว่า หนึ่งในห้าของโปรโตซัวทั้งหมดดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกัน(หลายรูปแบบ)และแบบปรสิตอยู่ในสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในฐานะที่โปรโตซัวเป็นสิ่งมีชีวิตพวกโปรติสต์ จึงมีโอกาสที่จะมีโปรโตซัวต่างชนิดมาอาศัยแบบสภาวะอยู่ร่วมกันหรือปรสิตอยู่ด้วยกันได้ โปรโตซัวในไฟลัมไดโนแอสทิกอทามีความหลากหลายรูปแบบการดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันและปรสิตมากรองลงมาจากไฟลัมเอพิคอมเพลกซาซึ่งทั้งไฟลัมดำรงชีพแบบปรสิต ไดโนแอสทิกอทาที่ดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันในโปรโตซัวด้วยกันเอง คือ สกุล *Zooxanthella* (Order Gymnodinales) พบในพวกเรดิโอแลเรียน(ไฟลัมแอกทิโนพอดา)และฟอรัมมินิเฟราน(ไฟลัมแกรนิวโลเรทิควอลอซา)หลายสกุล เช่น *Peneroplis*, *Orbitolites*, *Globigerina*, *Heterostegina* ชูแซนเทลลานนอกจากดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันในโปรโตซัวด้วยกันแล้ว ยังดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันในเมตาซัวอีกหลายกลุ่มซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป ไดโนแอสทิกอทาบางชนิดเข้าไปเป็นปรสิตในเซนทรัลแคปซูลของพวกเรดิโอแลเรียน เช่น *Aulacantha scolymantha* (รูป 3-21) และ *Thalassicolla nucleata* แล้วแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน จึงทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนแบบมลติเพิลฟิชชันของโฮสต์เซลล์นิวเคลียส ไดโนแอสทิกอทาบางชนิด เช่น สกุล *Amoebophrya* และ *Duboscquella* (Order Syndiniales) เข้าไปเป็นปรสิตอยู่ในเซลล์ของไดโนแอสทิกอทาสกุลอื่น(*Prorocentrum*, *Ceratium*, etc.) เมื่อเข้าไปแล้ว มีการเจริญแบ่งเซลล์จนมีลักษณะคล้ายเซลล์ออร์แกเนลล์ของโฮสต์ หรือบางครั้งอาจมีลักษณะคล้ายสัตว์กลุ่มเมโซซัว(mesozoa) ปรสิตไดโนแอสทิกอทาสกุล *Oodinium* (Order Blastodinales) ถูกปรสิตไดโนแอสทิกอทาชนิด *Amoebophrya grassei* เข้าไปเป็นปรสิตภายใน สภาวะปรสิตซ้อนปรสิตเช่นนี้ เรียกว่า ไฮเพอร์พาราซิทิซึม (hyperparasitism)

โปรโตซัวที่มีความหลากหลายของชนิดและการดำรงชีพมากอีกไฟลัมหนึ่งคือ ซิลิโอฟอรา นอกจากดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิด(ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป)แล้ว ยังดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันและแบบปรสิตในโปรโตซัวด้วยกันเองอีกด้วย ส่วนใหญ่อยู่ในอนุชั้น Suctorina อาจเนื่องมาจากกลุ่มนี้ปกติเกาะติดอยู่กับที่และส่วนใหญ่กินอาหารโดยใช้แทนเทเคลิลจับเหยื่อ แต่บางชนิดปรับเปลี่ยนวิธีการดำรงชีพแบบอิสระมาเป็นแบบปรสิต เช่น สกุล *Podophrya*, *Sphaerophrya* (Order Exogenida) และ *Endosphaera* (Order Endogenida) (รูป 8-17) ดำรงชีพแบบปรสิตภายในซิลิเอทที่ว่ายน้ำหากินอิสระ การสืบพันธุ์ใช้วิธีแตกหน่ออยู่ภายใน

ในเซลล์ของโฮสต์ สกุล *Pseudogemma* (Order Endogenida) ดำรงชีพแบบปรสิตภายนอกอยู่บนเซลล์ของซัคทอเรียนซีเลียทะเลต่างชนิดกัน สำหรับ *Tachyblaston ephelotensis* เป็นปรสิตเฉพาะของ *Ephelota gemmipara* (รูป 4-12) เท่านั้น ถึงแม้ว่าแตกโกลอซอซอซอเซลล์ของ *Tachyblaston* จะอาศัยอยู่ในร่องลึกเว้าเข้าไปในเซลล์ของ *Ephelota* แต่ก็ถือว่าเป็นปรสิตภายนอก การกินอาหารใช้ส่วนที่เรียกว่าเทเนเทเคลสแทงเข้าไปในไซโทพลาซึมของโฮสต์ ซีเลียอื่นที่ไม่อยู่ในอนุชั้น Suctoria ส่วนใหญ่หากินอิสระ มีเพียงสกุล *Hypocoma* (Order Cyrtophorid, Subclass Phyllopharyngia, Class Phyllopharyngea, Subphylum Cyrtophora) เท่านั้น ที่ดำรงชีพแบบปรสิตภายนอกอยู่บนเซลล์ของพวกซัคทอเรียน และซีเลียสกุล *Zoothamnium* (Order Sessilida, Subclass Peritricha, Class Oligohymenophorea, Subphylum Cyrtophora)

รูป 8-17 ภาพจำลองปรสิตซัคทอเรียนซีเลียบางชนิดที่อาศัยอยู่ในซีเลีย ก. *Allantosoma intestinalis* เกาะติดกับซีเลียหลายชนิดที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้ส่วนโคลอน



และซีคัมของม้า ข. *Sphaerophrya stentoris* เป็นปรสิตภายในเซลล์ของซีเลีย สกุล *Stentor* ค. *Endosphaera engelmanni* ฝังอยู่ภายในเซลล์ของ *Opisthonecta heneguyi* และซีเลียชนิดอื่น (จาก Cheng, 1973)

กลุ่มที่พบการดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันและปรสิตได้น้อยในโปรโตซัวด้วยกันเองได้แก่ ไฟลัมยูกลีนิดาส่วนใหญ่หากินอิสระ น้อยชนิดดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกัน เช่น สกุล *Astasia* (Order Euglenales) อยู่ในเซลล์ของโปรโตซัวขนาดใหญ่ เช่น ใน *Amoeba proteus* (ไรโซพอดา) และใน *Stentor* (ซีลิโอพอดา) แม้แต่ไฟลัมเล็กอย่าง Cryptophyta ก็มีรายงานว่า สกุล *Chrysidella* ดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันในฟอแรมมินิเฟราน(แกรนิวลอสเรทีคิวลอลา)และเรติโอแลเรียน(แอกทีโนพอดา) สำหรับไฟลัมไรโซ

พอดามีเพียงอะมีบาบางชนิดเท่านั้นที่เข้าไปเป็นปรสิตภายในเซลล์ของโอพาลินิดแฟลเจลเลท สกุล *Zelloriella* ปรสิต *microsporidia** บางชนิดเข้าไปเป็นปรสิตภายในเซลล์ของปรสิตพวก gregarine (Order Eugregarinida, Class Gregarina, Phylum Apicomplexa) สภาวะเช่นนี้เรียกว่าไฮเพอร์พาราซิทิซึมเช่นเดียวกับกรณีของไดโนแฟสติกอท

(2) ในพืช ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างโปรโตซัวกับพืชมีน้อยเมื่อเทียบกับสัตว์ อาจเนื่องมาจากโปรโตซัวและพืชไม่มีความสัมพันธ์ทางตรงในแง่ของการถ่ายทอดพลังงานผ่านทางห่วงโซ่อาหาร อย่างไรก็ตามโปรโตซัวมีความสัมพันธ์กับพืชบ้างโดยเฉพาะกลุ่มของพืชน้ำ มีรายงานการดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันของอะมีบาบางชนิดภายในถุงลมนลอยตัวของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล**สกุล *Sargassum* นาโพลิทานอ(Napoliitano, 1983) รายงานการพบอะมีบาหลายชนิดดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันในส่วนหมวก(carposphere)ของดอกเห็ด(*Laccaria trullisata*)ที่เจริญอยู่บนหาดทรายชายทะเล และยังพบอะมีบาเหล่านี้ดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันในระบบราก(rhizosphere) ของหญ้า(*Panicum* sp.)ที่เจริญอยู่ตามชายหาดเดียวกันด้วย จำนวนโทรโฟซอຍท์ในระบบรากมีมากขึ้นเมื่อหญ้าเจริญจนถึงช่วงออกดอก แต่ปริมาณลดลงมาใกล้เคียงกับระยะชีสท์ที่พบแทรกอยู่ตามเม็ดทรายในบริเวณเดียวกันเมื่อสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป(สิ้นสุดฤดูฝน) แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์เด่นชัดระหว่างความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณของแบคทีเรียกับปริมาณของอะมีบา จึงยังไม่มีข้อสรุปว่า เหตุใดปริมาณอะมีบาจึงเพิ่มขึ้นในช่วงที่หญ้ามักมีการเจริญได้ดี ความสัมพันธ์กับพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของการเป็นที่ยึดเกาะของทั้งพวกเพลลาจิกโปรโตซัวและเบนทิกโปรโตซัว โดยเฉพาะกลุ่มที่ไม่มีโครงสร้างสำหรับการยึดเกาะ เช่น ไดอะตอมมักสะสมอยู่บริเวณขนละเอียดของหญ้าทะเล(รูป 8-18) การสะสมเช่นนี้ มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในข้อ 8.3

โดยทั่วไปไม่ปรากฏชัดว่า โปรโตซัวมีสภาวะปรสิตกับพืชเมื่อเทียบกับฟังไจและเฮลมินท์ พวกที่เป็นปรสิตและทำให้เกิดโรคพืชส่วนใหญ่เป็นโปรติสท์ในไฟลัม *Plasmodiophoromycota* และ *Labyrinthulomycota* เซ็ง(Cheng, 1973) รายงานว่า แฟลเจลเลท

* *microsporidia* เป็นปรสิตขนาดเล็ก พบภายในเซลล์ของสัตว์ขาปล้องและปลา Grell, 1973 จัดไว้ในระดับชั้น *Cnidosporidia* ของไฟลัม *Protozoa* ปัจจุบัน Margulis, et al., 1993 จัดไว้ในระดับชั้น *Micrsporea* ของไฟลัม *Microspora*

** ตำราบางเล่มรวมสาหร่ายสีน้ำตาลไว้ในอาณาจักร *Plantae*

บางชนิด เช่น *Phytomonas davidi* และ *Phytomonas elmassiani* เป็นปรสิตอยู่ในท่อน้ำ
 ยางของพืชหลายวงศ์ (Apocynaceae, Compositae, Euphobiaceae, Moraceae, etc.)
 โดยมีแมลงพวกมวน (hemipterans) เป็นพาหะ

รูป 8-18 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงไดอะตอม (ลูกศร



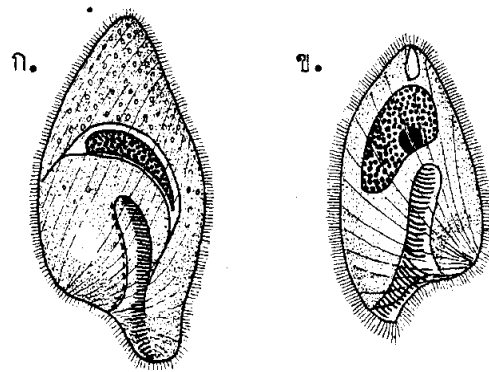
เดี่ยว) จำนวนมากสะสมอยู่บน
 ใบของหญ้าทะเล eel grass
 (*Zostera marina*) ลูกศรคู่ คือ
 ขนละเอียดของหญ้าทะเลที่
 ช่วยเพิ่มพื้นที่การยึดเกาะ
 (จาก Lerman, 1986)

(3) ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง มีรายงานการดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันของโปรโตซัวหลายฟิลัมในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายฟิลัม เช่น ฟิลัมซูโอแมสทิจินา มีรายงานการดำรงชีพแบบพึ่งพาอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายชนิด โดยเฉพาะสัตว์ขาปล้องพวกปลวกและแมลงสาป (ภาคผนวก 10.1) ที่ทราบกันดี คือ สกุล *Trichonympha* (รูป 6-3) ที่อาศัยอยู่ในลำไส้แมลงสาปกินเนื้อไม้ ทำหน้าที่ช่วยย่อยเซลลูโลสให้แมลงสาป ขณะเดียวกันก็อาศัยดูดกลืนอาหารบางอย่างที่ย่อยแล้วจากแมลงสาปด้วย ซิลิเอทพวกไฮโลทริชและสไปโรทริชถูกพบดำรงชีพแบบพึ่งพาอยู่ในพวกปลวกและแมลงสาป เช่นสกุล *Clevelandella* และ *Paraclevelandia* (รูป 8-18) รวมถึงสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มอื่นๆ *Nyctotherus cionaecola* ดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันภายในช่องเหงือกของ ascidian tunicate (เพรียงหัวหอม *Ciona intestinalis*) (ภาคผนวก 10.1) แต่ชนิดอื่นของสกุลนี้ดำรงชีพแบบปรสิต ฟิลัมยูกลีนิดาบางชนิดใน สกุล *Colacium* และ *Euglenomorpha* อาจดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันในสัตว์ขาปล้องได้ วิลลีและผู้ร่วมงาน (Willey, et al., 1970) รายงานการพบยูกลีนิดาบางชนิดในไส้ตรงของแมลง ปอ (damselfly) 3 ชนิดเฉพาะในช่วงฤดูหนาว อาจเป็นไปได้ว่า ยูกลีนิดาเหล่านี้ต้องการหลีกเลี่ยงอุณหภูมิต่ำ เมื่อถึงฤดูใบไม้ผลิก็จะหลุดปนมากับ

อุจจาระหากินอิสระต่อไป ซึ่งเป็นลักษณะประจำของโปรโตซัวในไฟลัมนี้ *Colacium cyclopicola* อาจดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันภายนอกตัวโคเพพอด คลาโดเซราน (cladoceran) ออสเทรคอด (ostracod) และตัวอ่อนของไรน้ำ *Euglenamorpha hegneri* ดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันภายในทางเดินอาหารของแมลงที่อาศัยอยู่ในน้ำ

รูป 8-19 ภาพจำลองตัวอย่างซิลิเอทที่ดำรงชีพแบบพึ่งพาอยู่ในโคลอนของแมลงสาปกินเนื้อไม้ ก. *Clevelandella panesthiae*

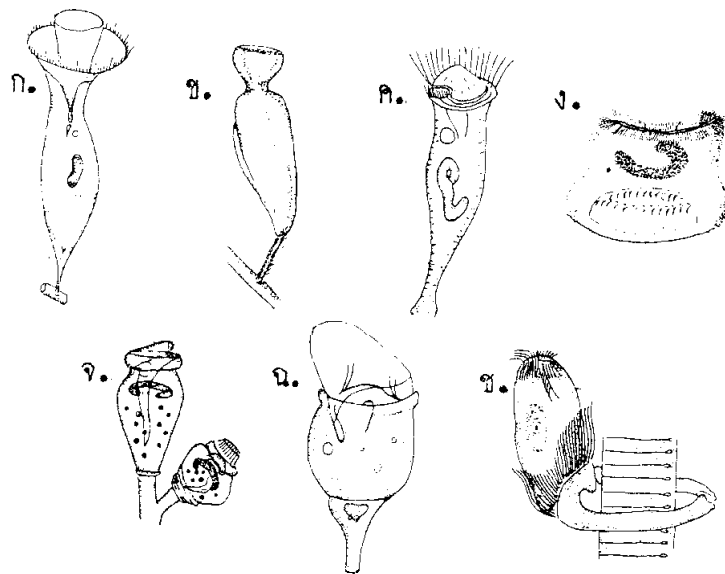
ข. *Paraclevelandia brevis* (จาก Cheng, 1973)



โปรโตซัวที่ดำรงชีพแบบปรสิตภายนอกและปรสิตภายในอยู่กับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีมากกว่าการดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกัน พวกเพริทริกซิลิเอทหลายชนิดดำรงชีพแบบปรสิตภายนอกอยู่กับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด เช่น *Trichodina pediculus* เกาะติดอยู่กับไฮดรา เกาะที่เหงือกของสัตว์พวกกุ้งปูในทะเล ขึ้นมาจนถึงสัตว์มีกระดูกสันหลังพวกปลา (รูป 8-20) การเกาะติดเป็นปรสิตภายนอกเช่นนี้เรียกว่า เอพิฟอเรติก (epiphoretic) โปรโตซัวที่ไปเกาะตัวอื่นเรียกว่า เอพิฟอรอนท์ (epiphoront) อาจเกาะอยู่ชั่วคราวหรือถาวร บางครั้งสามารถดำรงชีพอิสระได้ แต่บางชนิด เช่น *T. scorpenae* จะตายถ้าถูกแยกออกจากโฮสต์ สภาวะปรสิตในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอาจเป็นแบบปรสิตถาวร ปรสิตชั่วคราว หรือสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีระยะใดระยะหนึ่งของโปรโตซัวไว้ชั่วคราว ทำหน้าที่เป็นโฮสต์กึ่งกลาง และ/หรือเป็นพาหะเพื่อนำสู่โฮสต์ที่แท้จริงต่อไป โปรโตซัวในไฟลัม เอพิกอมเพลกซา ซูโอแมสทิจินา และซิลิโอฟอรา มีความหลากหลายของชนิดปรสิตในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมากกว่าโปรโตซัวในไฟลัมอื่น (ภาคผนวก 10. 2) โปรโตซัวขนาดเล็กที่ได้รับการจัดหมวดหมู่ไว้ในไฟลัมเล็กหลายไฟลัมส่วนใหญ่ดำรงชีพแบบปรสิต ได้แก่ ไฟลัม Mirospora, Mixozoa และ Haplosporida ได้รับความสนใจอยู่ในกลุ่มผู้ศึกษาปรสิตวิทยา เนื่องจากหลายชนิดดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในสัตว์ขาปล้องที่

สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับมนุษย์ทั้งในด้านให้ประโยชน์และให้โทษ เช่น *Nosema apis* เป็นปรสิตอยู่ในกระเพาะอาหารของผึ้ง *N. bombycis* เป็นปรสิตอยู่ในเนื้อเยื่อตัวอ่อนของตัวไหม *Thelohania legeri* เป็นปรสิตอยู่ในกระเพาะอาหารของยุง *Pleistophora longifilis* เป็นปรสิตอยู่ในเนื้อเยื่อของแมลง tsetse fly (พาหะนำโรคไข้เหิงาหลับแอฟริกัน) ยิ่งไปกว่านั้น หลายชนิดดำรงชีพแบบไฮเพอร์พาราซิติซึม (ภาคผนวก 10.3) อีกด้วย เนื่องจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีมากนับล้านชนิด จึงเชื่อว่า มีโปรโตซัวที่ดำรงชีพแบบปรสิตหลงเหลือการสำรวจอีกมาก

รูป 8-20 ภาพจำลองตัวอย่างเอพิพอเรติกและปรสิตซิลิเอทของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลัง ก. *Stylochona coronata* เกาะอยู่บน *Gammarus* spp. ในทะเล ข. *Trichochona lecythoides* เกาะอยู่บนระยางค์ของสัตว์พวกกุ้งทะเล ค. *Paravorticella clymenellae* ในโคลนอนของหนอนปล้อง ง. *Trichodina* spp. เกาะอยู่บนผิวหนังและเหงือกของลูกอีอดกบ จ. *Epistylis niagarae* เกาะอยู่บนเปลือกกุ้งและเต่า ฉ. *Glossatella tintinnabulum* เกาะอยู่บนผิวหนังและเหงือกของ newt ช. *Ellobriophrya donacis* ใช้โครงสร้างยื่นยาวคล้ายแขนโอบล้อมแท่งเหงือกของหอยเสียบ (จาก Cheng, 1973)



สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มที่ได้รับความสนใจศึกษากันมาก คือ สัตว์ขาปล้อง โดยเฉพาะ โคนเฟออด กุ้งและปู เนื่องจากสัตว์พวกนี้มีความสำคัญในระบบนิเวศในแง่ของการเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของห่วงโซ่อาหารและยังเป็นสัตว์เศรษฐกิจสำหรับมนุษย์ด้วย กลุ่มอื่น คือ พวกมอลลัสค์ มีรายงานการพบโปรโตซัวในหลายฟิลัมดำรงชีพแบบปรสิตทั้งภายนอกและภายในสัตว์เหล่านี้(ภาคผนวก 10.4) ส่วนใหญ่อยู่ในฟิลัมเอพิคอมเพลกซา ซิลิโอพอร่า ไดโนแอสทิกอกทา แอสพลอสปอริดา และไมโครสปอรา เช่น ไดโนแอสทิกอกทอนิด *Chytriodinium parasiticum* (8-22 ข.) เป็นปรสิตอยู่ภายในไข่ของโคนเฟออด ไข่ไข่เป็นแหล่งสารอาหารจนเจริญแบ่งเซลล์เป็นสวอร์เมอร์เจาะไข่ออกมาว่ายน้ำไปหาโคนเฟออดโฮสต์ตัวใหม่ *Haplozoon clymenellae(clymanellae)*(รูป 8-22 จ.) เป็นปรสิตอยู่ในลำไส้ของพอลิดิกท เซลล์เจริญเต็มที่มักรวมกันเป็นโคโลนีรูปพีรามิด(รูป 8-22 ง. B)หรือเป็นเส้นไม่มีแฟลเจลลา แต่สวอร์เมอร์เซลล์มีแฟลเจลลา 2 เส้นเห็นได้ชัด(รูป 8-22 ง. A) ฟิลัมที่พบว่าดำรงชีพแบบปรสิตในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังได้น้อยได้แก่ ฟิลัมโรซิพอดา และซูโอแอสทิจินา โรซิพอดาที่ดำรงชีพแบบปรสิตมีรายงานเพียง 2 สกุล คือ *Flabellula* (วงศ์ Flabellulidae) เป็นสาเหตุการตายของหอยนางรมและสกุล *Paramoeba* (วงศ์ Paramoebidae) เป็นสาเหตุการตายของปู(*Callinectes sapidus*) เนื่องจากโรค “grey crab disease” ลักษณะโรคมีรอยสีเทาเป็นหย่อมที่ท้องของปูภายในเลือดปูเต็มไปด้วย *Paramoeba pernicola* ที่น่าสนใจคือ ปรสิตพาราเมียชนิดนี้ยัง

รูป 8-21 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ *Paramoeba pernicola* แสดง nebenkörper(Nb)ช่วงก่อนการแบ่งนิวเคลียส จะเห็นยูแคริโอทิกนิวคลีโอ(EN)แยกออกเป็น 2 ส่วนขนาดโปรแคริโอทิกนิวคลีโออยด์ หรือบริเวณที่เรียกว่า mittlestuck(M)ของ



nebenkörper ไซโทพลาซึม(C)ของnebenkörper เต็มไปด้วย ฟาโกโซม(P) ด้านขวาของภาพ คือนิวเคลียส(N)ของพาราเมีย (จาก Perkin & Castagna, 1971)

มีปรสิตยูแคริโอทและปรสิตโพรแคริโอทอยู่ภายในเซลล์ใกล้เคียง เรียกว่า โครงสร้างนี้ว่า เนเบนคอร์เปอร์(nebenkörper) (รูป 8-21) จึงเป็นการดำรงชีพแบบปรสิต ซ่อนปรสิตเข้าข่ายลักษณะไฮเพอร์พาราซิทิซึม

บางครั้งจะมีบาที่ดำรงชีพหากินอิสระเช่น *Hartmanella tahitiensis* ปกติอยู่ในดิน ขึ้นอาจเข้าไปเป็นปรสิตชั่วคราวอยู่ในหอยน้ำจืด รวมถึงสัตว์มีกระดูกสันหลังพวกลิงได้ด้วย ส่วนใหญ่ไม่ทำให้เกิดอาการโรคร้ายแรง

ไฟลัมซูโอแอสทิจินาที่ดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เมื่อเทียบกับสัตว์มีกระดูกสันหลังแล้วพบได้น้อยกว่า บางชนิดของสกุล *Hexamita* (Family Hexamitidae, Class Diplomonadida) ดำรงชีพแบบปรสิตเช่น *H. cryptocerci* เป็นปรสิตภายในลำไส้แมลงสาปกินเนื้อไม้(*Cryptocercus punctulatus*) *H. periplanetae* เป็นปรสิตภายในลำไส้แมลงสาป(ภาคผนวก 10.2) *H. nelsoni* ปกติดำรงชีพหากินอิสระ แต่ภายใต้สภาวะหนึ่ง อาจดำรงชีพแบบปรสิตชั่วคราวอยู่ในลำไส้ของหอยนางรม (*Crassostrea virginica*) (ภาคผนวก 10.4)

(4) ในสัตว์มีกระดูกสันหลัง สัตว์มีกระดูกสันหลังที่ได้รับความสนใจศึกษาเป็นพิเศษมีสองกลุ่ม คือ สัตว์น้ำ และสัตว์บก สัตว์น้ำที่ศึกษากันมาก คือ ปลาทะเลและปลาน้ำจืดเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ สัตว์บกที่สนใจศึกษากันมาก คือ ปศุสัตว์เพราะเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์เช่นเดียวกับปลา รองลงมาคือม้า เนื่องจากสามารถนำมาใช้งานและใช้ประโยชน์ทางด้านอื่น

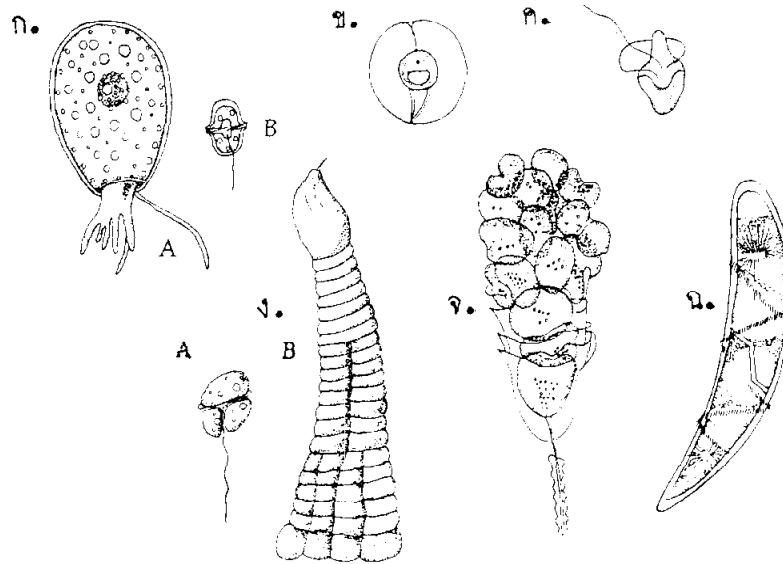
โปรโตซัวที่ดำรงชีพแบบปรสิตอยู่กับปลาชนิดต่างๆ มีหลายไฟลัมเช่นเดียวกับที่พบในสัตว์อื่น มีทั้งที่ทำให้เกิดโรคร้ายแรงและไม่ทำให้เกิดโรค ความหลากหลายของชนิดแสดงไว้ในภาคผนวก 10.5 กลุ่มที่ทำให้เกิดโรคกระจายอยู่ในหลายไฟลัม ได้แก่ ไฟลัมเอพิกอมเพลกซา ส่วนใหญ่อยู่ในชั้น Coccidia เช่น *Haemogregarina stepanovi* เป็นปรสิตอยู่ในปลามากกว่า 10 ชนิด *H. bigemina* พบเป็นปรสิตในปลาหลายชนิดตลอดแนวชายฝั่งของทวีปยุโรปและอเมริกา *Eimeria carpelli* เป็นปรสิตที่เกล็ดปลา คาร์ปทำให้เกิดเกล็ดหลุดและผิวหนังเป็นแผลจนถึงตาย *E. clupearum* และ *E. sardinae* เป็นปรสิตอยู่ในอวัยวะของปลาทะเลเศรษฐกิจวงศ์ Clupeidae (herring, sprat, pilchard) และปลาหลังเขียว(sardine) ทำให้ความสามารถสืบพันธุ์ลดลง ไฟลัมไมโครสปอรา มีหลายชนิด ส่วนใหญ่อยู่ในสกุล *Glugea*, *Nosema* และ *Plistophora* เข้าไปเป็นปรสิตอยู่ในเซลล์ของเนื้อเยื่อทำให้เนื้อเยื่อฝ่อจนเกิดโรค เช่น *Glugea hertwigi* เป็นปรสิตภายใน

อวัยวะภายใน(ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ อวัยวะสืบพันธุ์ กระเพาะปัสสาวะ)ของ smelt* ทำให้เจริญเข้าสู่สูญเสียความสามารถในการสืบพันธุ์และถึงตายในที่สุด *Nosema gigantea* (syn. *Ichthyosporidium phymogenes*) เข้าไปเป็นซิสต์รวมเป็นก้อนใหญ่อยู่ในผนังผิวดิน เต็มช่องท้อง *Plistophora hippoglossoides* เป็นปรสิตอยู่ในเนื้อปลาข้างแบน(flat fish) ฟิล์มที่มีความหลากหลายของชนิดปรสิตมากอีกฟิล์มหนึ่ง คือ มิกโซซัว สกุล *Davisia* หลายชนิดเป็นปรสิตอยู่ในท่อไตและกระเพาะปัสสาวะของปลาทะเลหลายชนิด *Henneguya zschokkei* เป็นปรสิตอยู่ในกล้ามเนื้อไตหนังและไตของปลาแซลมอนหลายชนิด ทำให้เกิดโรค “tapioca disease” อีกหลายชนิดในหลายสกุลเป็นได้ตั้งแต่ปรสิตภายนอกจนถึงปรสิตภายในหลายอวัยวะ ปลาช่อน(*Ophiocephalus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีมิกโซซัวปรสิตมากอยู่ที่เหงือกและช่องเหงือก 3 สกุล คือ *Henneguya*, *Myxobolus* และ *Unicauda* ฟิล์มอื่นอีกหลายฟิล์มก็มีรายงานการเป็นปรสิตในปลา มีตั้งแต่เป็นปรสิตภายนอก เช่น สกุล *Trichodina* และ *Trichodinella*(ฟิล์มซิลิโอฟอรา)ที่เหงือกของปลาน้ำจืด เป็นปรสิตภายในในหลายอวัยวะ เช่น *Hexamita truttae* (ฟิล์ม ซูโอแมสทิจินา) และ *Hexamita salmonis* (รูป 8-13 ข.)อยู่ในลำไส้ของปลาเทราท์ *Amyloodinium*(syn.*Oodinium*) *ocellutum* (ฟิล์มไดโนแมสทิกอกทา) (รูป 8-22) เกาะที่เหงือกของปลาหลายชนิด ทำให้เกิดโรค “velvet disease” ซึ่งก่อให้เกิดการตายได้มากในบ่อเพาะเลี้ยง สำหรับสกุล *Trypanosoma* มีหลายชนิดที่เป็นปรสิตอยู่ในเลือดปลา แต่ไม่มีรายงานว่าเกี่ยวข้องทำให้เกิดโรคใด

สัตว์บกที่ได้รับความสนใจศึกษามีหลายกลุ่ม ได้แก่พวก นก สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มนุษย์นิยมนำมาเป็นสัตว์เลี้ยงเพื่อใช้แรงงาน และใช้เป็นอาหาร รายละเอียดวงจรชีวิตของโปรโตซัวปรสิตและพาหะนำปรสิตจากสัตว์ที่เป็นโรคไปสู่สัตว์ปกติ ศึกษาได้จากตำราปรสิตที่มีความเฉพาะในแต่ละประเภทของสัตว์ ในที่นี้รวบรวมนำเสนอเพียงบางชนิดที่ดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันและแบบปรสิตพอสังเขป ตัวอย่างของโปรโตซัวที่ดำรงชีพแบบพึ่งพาในสัตว์บกแสดงไว้ในภาคผนวก 10. 6 และที่ดำรงชีพแบบปรสิตแสดงไว้ในภาคผนวก 10.7 ตามลำดับ

* สเมลท์เป็นคำที่ใช้เรียกปลาน้ำจืดวงศ์ Osmeridae ที่มีอายุ 1-5 ปี เป็นวงศ์ของปลาเศรษฐกิจที่นิยมบริโภคในแถบซีกโลกตอนเหนือ

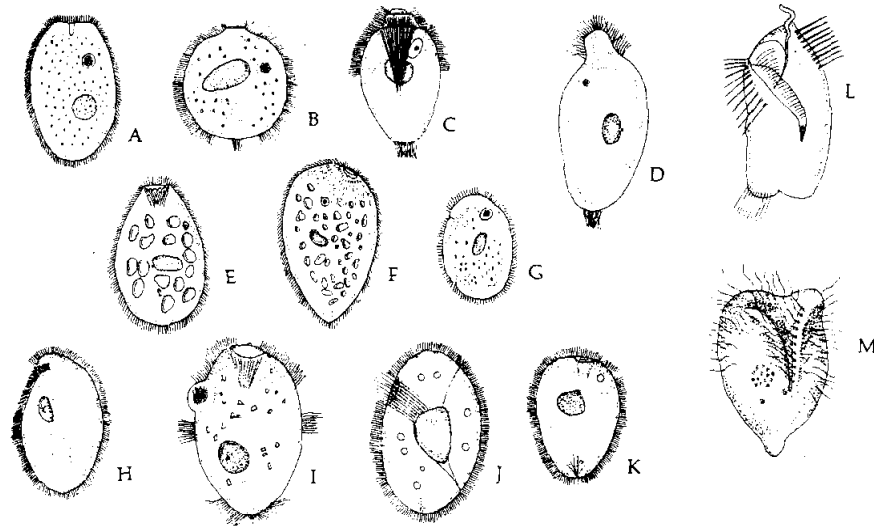
รูป 8-22 ภาพจำลองตัวอย่างปรสิตไดโนแอสทิกอทา ก. *Amyloodinium ocellutum* A. เซลล์ปรสิตเกาะที่เหงือกของปลา B. เซลล์หากินอิสระ ข. *Chytridinium parasiticum* ในไข่ของโคเพพอด ค. *Duboscquella tintinnicola* สวอร์เมอร์เซลล์ ง. *Haplozoon clymellae* A. เซลล์หากินอิสระ B. เซลล์รวมกันเป็นโคโลนีรูปพีรามิด จ. *Apodinium mycetoides* ขณะสร้างสวอร์เมอร์เซลล์ ฉ. *Blastodinium spinulosum* (จาก Cheng, 1973)



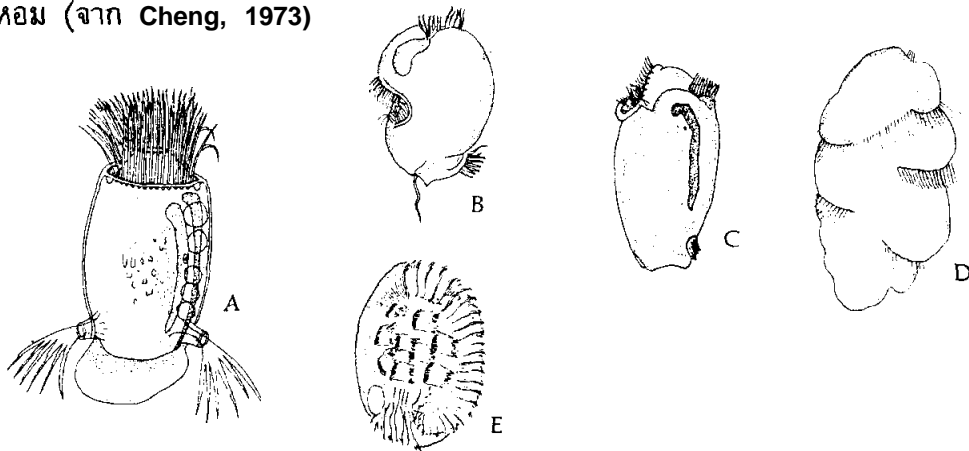
สัตว์ก๊ีบและสัตว์เคี้ยวเอื้องกินอาหารพวกหญ้าที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก แต่ไม่มีเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสให้เป็นโมโนแซ็กคาไรด์ ธรรมชาติได้ชดเชยให้มีซิลิเอทมาดำรงชีพแบบฟุ้งพาวอยู่ในกระเพาะอาหาร เพื่อช่วยกินชิ้นเล็กๆของเซลลูโลส โดยเฉพาะ *Diplodinium* มีเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสได้ ยิ่งไปกว่านั้น ภายในไตพลอดิเนียมยังมีซิมีไบออนท์แบคทีเรียที่มีเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสได้อาศัยอยู่ในเซลล์ด้วยจึงย่อยเซลลูโลสให้เป็นโมโนแซ็กคาไรด์ที่สัตว์เคี้ยวเอื้องจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป ซิลิเอทที่ดำรงชีพแบบฟุ้งพาวอยู่ในสัตว์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นพวกไฮโลทริซ*(รูป 8-23 และภาคผนวก 10. 6) และพวกสไปโรทริซ*(รูป 8-24, 8-25, 8-26 และภาคผนวก 10.6)

* ไฮโลทริซและสไปโรทริซที่ดำรงชีพแบบฟุ้งพาว ปัจจุบันได้รับการจัดไว้ในระดับอันดับของ Subclass Trichostomata, Class Litostomatea, Subphylum Rhabdophora

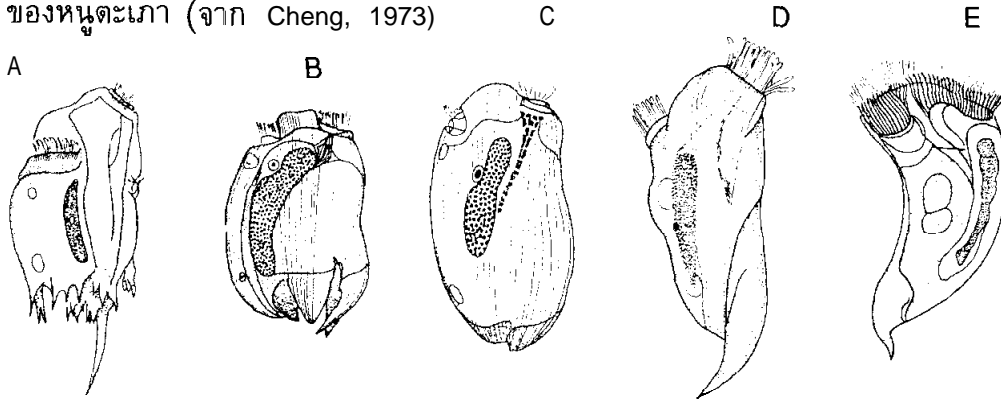
รูป 8 - 2 3 ภาพจำลองตัวอย่างซิลิเอทที่ดำรงชีพแบบพืงพายอยู่ในลำไส้ใหญ่ส่วน
 ซีกัมและโคลอนของปศุสัตว์และม้า A-*Butschlia parva*, B-*Blepharosphaera intesti-*
nalis, C - *Blepharoconus cervicalis*, D *Polymorphella ampulla*, E -*Holophryoides*
ova/is, F -*Blepharozoum zonatum*, G - *Paraisotrichopsis composita*, H - *Paraisotricha*
colpoidea, I -*Alloiozona trizona*, J -*Isotricha prostoma*, K- *Dasytricha ruminantium*,
 L-*Blepharocorys uncinata*, M -*Cyathodinium piriforme*



รูป 8 - 2 4 ภาพจำลองตัวอย่างซิลิเอทที่ดำรงชีพแบบพืงพายอยู่ในลำไส้ใหญ่ส่วน
 ซีกัมและโคลอนของสัตว์มีกระดูกสันหลัง A - *Cycloposthium bipalmatum* ของม้า, B-
Triadinium caudatum ของม้า, C - *Ditoxum funinucleum* ของม้า, D- *Troglodyte/la*
abrassarti ของลิงชิมแปนซี, E - *Euplotapsis cionaecola* ในช่องเหงือกของเพรียงหัว
 หอม (จาก Cheng, 1973)



รูป 8-25 ภาพจำลองตัวอย่างซิลิเอทที่ดำรงชีพแบบพึ่งพาอยู่ในกระเพาะอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องและหนุตะเภา A- *Ophryoscolex caudatus* ในปศุสัตว์, แพะและแกะ, B- *Diplodinium dentatum*, ในปศุสัตว์, C- *Eremoplastron bovis* ในปศุสัตว์และแกะ, D- *Epidinium caudatum* ในปศุสัตว์ อูฐและกวางเรนเดียร์, E- *Cunhaia curvata* ในซีกัมของหนุตะเภา (จาก Cheng, 1973)



โปรโตซัวกลุ่มที่ดำรงชีพแบบปรสิตในมนุษย์ หลายชนิดดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในสัตว์มีกระดูกสันหลังอื่นด้วย ส่วนใหญ่มีความเฉพาะในสัตว์แต่ละกลุ่ม มักไม่พบการเป็นปรสิตในทุกชนิดของสัตว์ อาจมีบางชนิดที่มีโฮสต์ช่วงกว้าง เช่น *Balantidium coli* พบว่าดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ได้ทั้งในสุกรและมนุษย์ แต่ไม่ทำให้เกิดโรคร้ายแรง บางคนอาจไม่แสดงอาการบางคนอาจมีอาการผิดปกติในระบบทางเดินอาหารเพียงเล็กน้อย ปรสิตบางวงศ์ มีวิวัฒนาการควบคุมมากับวิวัฒนาการของโฮสต์ จึงสามารถพบปรสิตวงศ์นั้นได้ในสัตว์ทุกอันดับ ได้แก่ แฟลเจลเลทวงศ์ Trypanosomatidae พบในเลือดของปลา(รูป 8-16 ข.ฃ.ฃ.) ขึ้นมาจนถึงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม(รูป 8-16 ก.-จ.) บางชนิดนิยมนำมาเพาะเลี้ยงในสัตว์ทดลองเพื่อศึกษาชีววิทยาสำหรับประโยชน์ด้านการแพทย์ เช่น *Trypanosoma lewisi* ในหนู แม้กระทั่ง *T. cruzi* ซึ่งเป็นปรสิตในเลือดมนุษย์ก็ถูกปรับเปลี่ยนจนเพาะเลี้ยงได้ในหนูทดลองหรือในมีเดีย เฮมาทอซัว(ไฟลัมเอพิคอมเพลกซา) เป็นปรสิตในเม็ดเลือดของสัตว์ ตั้งแต่สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ขึ้นมาจนถึงมนุษย์ ที่พบได้ง่ายมี 3 สกุล คือ *Plasmodium*, *Hemoproteus* และ *Leucocytozoon* สองสกุลหลังไม่พบในมนุษย์ แต่ *Leucocytozoon* พบได้ในเม็ดเลือดขาวของลิงสกุล *Maccaca** ส่วนใหญ่ทั้งสองสกุล

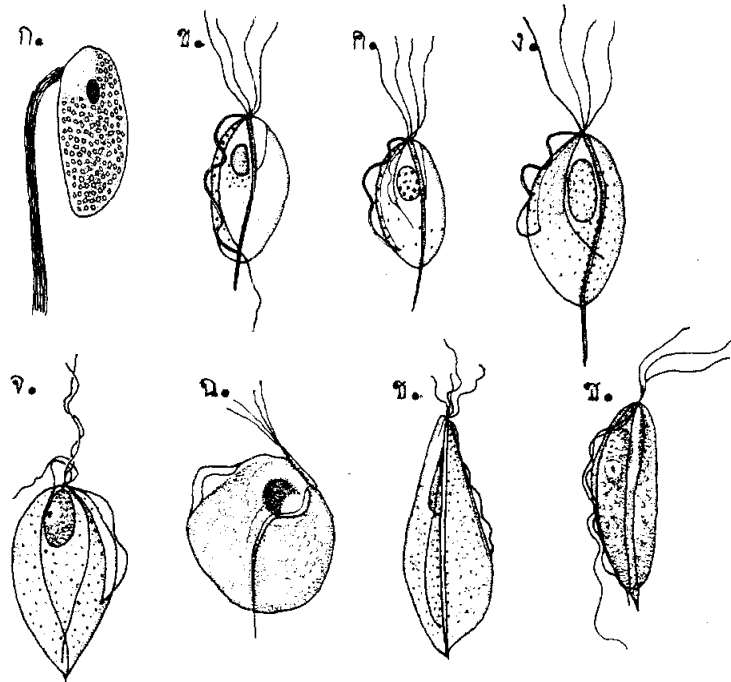
* P. Kongtong thesis "Studies on Blood Parasites of Some Wild Animals in Thailand", 1967

หลังพบถ่ายในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำจนถึงสัตว์ปีก สกกุล *Plasmedium* ที่พบถ่ายในสัตว์มีกระดูกสันหลังในแต่ละอันดับ คือ *P. bufonis* และ *P. culesbiana* ในคางคกและกบ *P. sternoceri* และ *P. cnemidophori* ในสัตว์เลื้อยคลานพวกลิซาร์ด *P. gallinacium*, *P. lophurae*, etc. ในสัตว์ปีก *P. inui*, *P. cynomolgi*, *P. knowlesi*, etc. ในสัตว์พวกลิง *P. berghei* ในสัตว์ฟันแทะ พลาสโมเดียมชนิดนี้นิยมนำมาเพาะเลี้ยงไว้ในสัตว์ทดลองเพื่อประโยชน์ด้านการแพทย์ พวกที่ดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในลำไส้และพบได้ง่าย คือ แพลเจลเลทสกุล *Trichomonas* (รูป 8-27) ตัวอย่างโปรโตซวนปรสิตในสัตว์มีกระดูกสันหลังที่เป็นสัตว์บกแสดงไว้ในภาคผนวก 10.7

รูป 8-26 ภาพถ่ายซีลีเอทที่ดำรงชีพแบบพึ่งพาอยู่ในกระเพาะอาหารของวัว A- *Isotricha prostoma*, B- *Eudiplodinium maggi*, C, D และ E- *Entodinium* sp. (จาก Adam, et al., 1971)



รูป 8-27 ภาพจำลองตัวอย่างซูโอแมสทีจิณาที่ดำรงชีพแบบปรสิตอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ก. *Callimastix frontalis* ในปลุคัสต์ว์ แพะ แกะ ข. *Trichomonas hominis* ในมนุษย์ ค. *Trichomonas tenax* ที่เหงือกในปากมนุษย์ ง. *Trichomonas vaginalis* ในช่องคลอดของมนุษย์ จ. ฉ. และ ช. *Trichomonas gallinae* ในเหยี่ยวทางแดง ไก่วง และนกพิลาปตามลำดับ ซ. *Trichomonas foetus* ในปลุคัสต์ว์ (จาก Cheng, 1973)



8.2.3 สภาวะอยู่ร่วมกันและปรสิตของสิ่งมีชีวิตอื่นในโปรโตซัว แม้ว่าโปรโตซัวจะเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวขนาดเล็ก แต่ก็มีสิ่งมีชีวิตอื่นนอกเหนือจากโปรโตซัวเข้ามาอาศัยอยู่ร่วมกันหรือเข้ามาเป็นปรสิตอยู่ในเซลล์ของโปรโตซัว ได้แก่พวก แบคทีเรีย สาหร่าย และฟังไจ ในกลุ่มของแบคทีเรียมีทั้งยูแบคทีเรียและไซแอนแบคทีเรีย เช่น ยูแบคทีเรียเข้าไปเป็นปรสิตอยู่ในนิวเคลียสของอะมีบาทะเลชนิด *Paramoeba eilhardi* เมื่อแบคทีเรียแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้พารามีบาขนาดใหญ่มากขึ้น จนหยุดการกินอาหาร และถึงตาย ปล่อยแบคทีเรียซึ่งมีแฟลเจลลาหลุดออกมา ว่ายน้ำไปแสวงหาพารามีบาเซลล์ใหม่ต่อไป ถ้ายังไม่พบอาจมีชีวิตอยู่ได้นานหลายเดือนโดยไม่มีการแบ่งเซลล์ แบคทีเรียแต่ละชนิดค่อนข้างมีความเฉพาะกับโปรโตซวนโฮสต์แต่ละชนิดด้วย แมโครนิวเคลียสของพวกซิติ

เอทมีโอกาสถูกติดเชื้อด้วยแบคทีเรียบางชนิดได้ เช่นเดียวกันกับการติดเชื้อในไซโทพลาซึมดังกรณีของแคบพามีไบออนท์(ข้อ 5.2.2 (3)) ไซแอนแบคทีเรียมีโอกาสดำรงอยู่ร่วมกันกับโปรโตซัวได้น้อย มีรายงานการพบไซแอนแบคทีเรียในไซโทพลาซึมของแฟลเจลเลทชนิด *Cyanophora paradoxa* สำหรับฟังไจนั้น สกุกที่เป็นปรสิตในโปรโตซัวคือ *Sphaerita* และ *Nucleophaga*

สภาวะอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตอื่นในโปรโตซัวค่อนข้างยากที่จะทราบลึกลงไปถึงความสัมพันธ์ว่าจะอยู่ในรูปแบบใด **ซูลโลเรลลี(zoochlorellae)** ที่พบในเซลล์ของอะมีบา (*Amoeba viridis*) ใน testacean(*Diffugia lobostoma*, *Hyalosphaenia papilio*, etc.) และในซีลิเอท(*Paramecium bursaria*, *Stentor polymorphus*, etc.) มีลักษณะทั่วไปคล้ายสาหร่ายสีเขียวสกุล *Chlorella* ที่ดำรงชีพอิสระ *Paramecium bursaria* ที่มีซูลโลเรลลี อาจนำมาเพาะเลี้ยงต่อไปได้ง่ายแม้เมื่อแยกเอาซูลโลเรลลีออกมา แล้วแยกเพาะเลี้ยงเป็น *Chlorella* อิสระ แต่ละสปีชีส์มีความเฉพาะในการแบ่งเซลล์และเฉพาะในการติดเชื้อเข้าไปในพารามีเซียม พารามีเซียมปกติหรือพารามีเซียมที่เคยมีซูลโลเรลลีสามารถรับซูลโลเรลลีที่เคยถูกแยกออกไปกลับเข้ามาใหม่ได้ และยังสามารถรับซูลโลเรลลีชนิดอื่น(*Chlorella viridissima*, *Chlorella vulgaris*) เข้ามาได้ด้วย อัตราการแบ่งเซลล์ของพารามีเซียมที่ไม่มีซิมไบออนท์และซิมไบออนท์ที่ไม่มี ความต่างกันตรงเท่าที่มิเคยที่ใช้เพาะเลี้ยงนั้นอุดมด้วยแบคทีเรีย อัตราการแบ่งเซลล์ของทั้งสองกลุ่มจะต่างกันต่อเมื่อมีเพียงแบคทีเรีน้อยหรือไม่มีเลย(axenic) ซูลโลเรลลีที่อยู่ภายในพารามีเซียมทำหน้าที่ให้อาหารเสริม(อาหารหลักคือแบคทีเรีย)ซึ่งได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในทางตรงกันข้าม ซูลโลเรลลีสามารถแบ่งเซลล์ได้ในที่มืด ถ้ามีเพียงใช้เพาะเลี้ยงพารามีเซียมมีแบคทีเรียอุดมสมบูรณ์ อาจเป็นไปได้ว่าซูลโลเรลลีได้อาหารชดเชยจากโฮสต์(พารามีเซียม)และมีความสามารถปรับเปลี่ยนการกินอาหารมาเป็นแบบเฮเทโรโทรฟิก ความสัมพันธ์ระหว่างพารามีเซียมและซูลโลเรลลีซิมไบออนท์สังเกตเห็นได้ชัดจากอัตราการแบ่งเซลล์ของพารามีเซียมจะสัมพันธ์กับจำนวนพอเหมาะของซูลโลเรลลีซิมไบออนท์

บ่อยครั้งที่พบแบคทีเรียและสไปโรคีทเข้ามาเกาะติดอยู่กับเซลล์ของโปรโตซัว ณ ตำแหน่งที่เฉพาะบนเพลลิเคิล เช่นกรณีของ “**motility symbiosis**” ที่เกิดจากสไปโรคีทมาเกาะอยู่บน *Mixotricha paradoxa* (ไฟลัมซูโอแมสทีจิना)

เมื่อเทคนิคด้านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพัฒนามากขึ้น ทำให้ทราบว่า มีแบคทีเรียหลายชนิดอาศัยอยู่ในโปรโตซัวหลายชนิด เช่น อะมีบาชนิด *Pelomyxa palustris* มี

แบคทีเรียต่างกันสองชนิดเป็นซิมไบออนท์อยู่บริเวณชิดกับนิวเคลียส สายพันธุ์อื่นของอะมีบาชนิดนี้อาจมีซิมไบออนท์แบคทีเรียอาศัยอยู่ถึง 3 ชนิด นอกจากอะมีบาแล้ว ซิลิเอทหลายสกุล (*Euplotes*, *Oxytricha*, *Halteria*, *astomatans*, *suctorians*) ก็มีแบคทีเรียซิมไบออนท์อาศัยอยู่ในไซโทพลาซึมด้วย ยิ่งไปกว่านั้น แคปซิมไบออนท์ของ *Paramecium aurelia* มีอนุภาคคล้ายไวรัสเกาะติดอยู่ด้วย จึงอาจเป็นไปได้ว่า ไวรัสเหล่านี้มีส่วนเกี่ยวข้องทำให้บางสปีชีส์ของพารามีเซียมตาย ซิมไบออนท์ที่เข้ามาอยู่ในเซลล์บางครั้งลักษณะคล้ายคลึงกับเซลล์ออร์แกเนลล์จนทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นเซลล์ออร์แกเนลล์ของโฮสต์ ดังกรณีของโครงสร้าง เนเบนคอร์เพอร์ (รูป 8-21) ซึ่งบางครั้งแบ่งเซลล์พร้อมกับการแบ่งนิวเคลียสของโฮสต์ หรือบางครั้งอาจแบ่งเซลล์แยกต่างหากไม่พร้อมกับการแบ่งนิวเคลียสของโฮสต์ การศึกษาต่อมาพบว่า เนเบนคอร์เพอร์มีความสัมพันธ์เป็นส่วนหนึ่งของโฮสต์เซลล์ อาจเป็นไปได้ว่า ข้อมูลทางพันธุกรรมของเนเบนคอร์เพอร์จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของอะมีบา จึงทำให้เป็นที่มาของสมมติฐานวิวัฒนาการที่เรียกว่า เอนโดซิมไบโอติก (ข้อ 7.2.2 หน้า 300)

8.3 บทบาทของโปรโตซัวในระบบนิเวศ

โปรโตซัวมีหลายบทบาทในระบบนิเวศดังกล่าวแล้วในข้อ 8.2 ในข้อนี้จะกล่าวถึงบทบาทของโปรโตซัวเพียงฐานะการเป็นผู้ผลิตและความสัมพันธ์กับมลพิษเท่านั้น

8.3.1 การเป็นผู้ผลิต พลังงานในระบบนิเวศถูกส่งจากผู้ผลิตผ่านไปยังผู้บริโภคและผู้ย่อยสลายตามลำดับชั้นอาหาร (trophic level) ของเสียจากกระบวนการเมแทบอลิซึมถูกนำกลับมาใช้ใหม่โดยผู้ผลิต หมุนเวียนเป็นวัฏจักรเพื่อให้ระบบนิเวศอยู่ในสภาวะสมดุล โปรโตซัวที่ทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตคือ ไฟโตแฟลเจลเลทและไดอะตอม ซึ่งส่วนใหญ่มีถิ่นที่อยู่อาศัยในแหล่งน้ำเปิดมีบทบาทร่วมกับไฟโตแพลงตอน (หลายฟิล์ม) สร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง อาหารที่เป็นแหล่งสะสมพลังงานเหล่านี้ถูกถ่ายทอดมาตามห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหาร 3 ทางหลักคือ (1) ผู้ล่า-ผู้ถูกล่า (2) ผู้กินซากสารอินทรีย์ (scavenger, detritous) และ (3) สภาวะอยู่ร่วมกัน

แหล่งน้ำเปิดในทะเลและมหาสมุทรกินพื้นที่ประมาณร้อยละ 90 ของแหล่งน้ำทั่วโลก แต่ผลผลิตปฐมภูมิต่อหน่วยพื้นที่น้อยกว่าแหล่งน้ำชายฝั่ง แหล่งน้ำกร่อย แหล่งน้ำแนวปะการัง และแหล่งน้ำที่มีการหมุนเวียนแร่ธาตุขึ้นมาจากพื้นท้องน้ำ (ตาราง 8-1) ที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจาก แหล่งน้ำเปิดมีแร่ธาตุสารอาหารที่จะนำมาสู่กระบวนการสังเคราะห์

ด้วยแสงน้อยกว่าแหล่งน้ำอื่น แหล่งน้ำกร่อยมีผลผลิตประมงสูงสุดเนื่องจากเป็นแหล่งรวมแร่ธาตุสารอาหาร การผลิตเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ยิ่งไปกว่านั้นผู้ผลิต(ไดอะตอม) จากแหล่งน้ำเปิดถูกพัดพามาตามกระแสน้ำและสะสมอยู่บนหน้าทะเล(รูป 8-18) ผลการศึกษาของ แครร์นและผู้ร่วมงาน(Cairns, Jr., et al., 1983) ทำให้ทราบว่าในแหล่งน้ำจืดที่ไม่มีที่ยึดเกาะมีชีวิต ไดอะตอมมีคุณสมบัติที่จะสะสมอยู่บนแหล่งที่ยึดเกาะเทียมได้ ด้วยเหตุนี้ผลผลิตประมงรวมของแหล่งน้ำชายฝั่งและแหล่งน้ำกร่อยจึงสูงกว่าแหล่งน้ำประเภทอื่น การถ่ายทอดพลังงานจากผู้ผลิต(ไฟโตแพลงตอน)ไปยังผู้บริโภคระดับแรก (ซูโอแพลงตอนขนาดเล็ก) คือ โปรโตซัว โรติเฟอร์ โคเพพอด* จึงดำเนินไปอย่างรวดเร็วสู่ผู้บริโภคระดับสูงขึ้นไปตามห่วงโซ่อาหารในลักษณะผู้ล่า-ผู้ถูกล่า

ตาราง 8-1 ตัวอย่างผลผลิตประมงโดยประมาณของระบบนิเวศทางทะเลมีหน่วยเป็นกรัมของคาร์บอนต่อหนึ่งตารางเมตรต่อปี (จาก Lerman, 1986)

ระบบนิเวศ	พื้นที่ร้อยละของมหาสมุทร	ผลผลิตประมงมีสุทธิ
ทะเลเปิด	90	125
ชายฝั่งไหล่ทวีป		360
แหล่งน้ำกร่อย		3,300
ท้องทะเลมีสาหร่ายและปะการัง	10	2,000
บริเวณหมุนเวียนแร่ธาตุจาก- พื้นที่ท้องทะเล		1,000

แหล่งน้ำพื้นที่ท้องทะเลที่มีสาหร่ายและปะการังมีผลผลิตประมงสูงรองลงมาจากแหล่งน้ำกร่อยนั้น โปรโตซัวมีบทบาทเข้ามาเกี่ยวข้องในฐานะผู้ผลิตโดยตรงน้อยกว่า ผลผลิตหลักมาจากสาหร่าย ไฟโตแพลงตอน(รวมถึงไฟโตแฟลเจลเลท)เป็นผลผลิตรองในด้านผลิตขั้นต้น บริเวณนั้นโดยตรงและในด้านผลิตมาจากแหล่งอื่น(แหล่งน้ำเปิด)แล้วไหลวนมาสู่แหล่งนี้จนสะสมรวมอยู่กับสาหร่าย ต่อจากนั้นจึงถูกกินโดยผู้ล่าต่อไป ในแหล่งน้ำที่มีแนวปะการัง ซึ่งเป็นที่ยึดเกาะของโปรโตซัวกลุ่มที่อยู่กับที่และเป็นที่อยู่ของโปรโตซัว

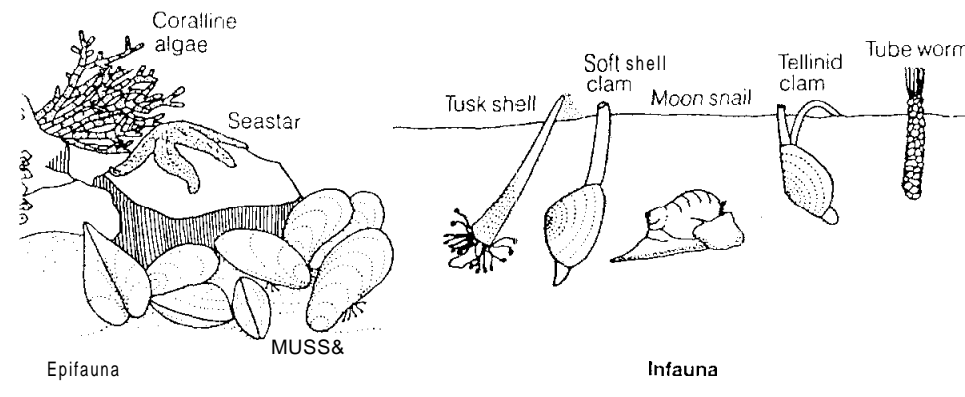
* โคเพพอด เป็นผู้บริโภคลำดับแรก เป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 95 ของซูโอแพลงตอน

กลุ่มที่ดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกัน โดยเฉพาะกลุ่มของไดโนแมสติกอทสกุล *Zooxanthella* ที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มผลผลิตปฐมภูมิสุทธิของแหล่งน้ำประเภทนี้ให้มากขึ้น

แหล่งน้ำชายฝั่งไหลทวิปแม้ว่าจะมีผลผลิตปฐมภูมิสุทธิน้อยกว่าแหล่งน้ำกร่อยแต่การถ่ายทอดพลังงานก็ดำเนินผ่านตามขั้นตอนห่วงโซ่อาหารได้ดีและซับซ้อนไม่ด้อยไปกว่าแหล่งน้ำกร่อย ชายฝั่งไหลทวิปประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตพวก **เอพิฟอณา(epifauna)** เกาะอยู่บนหิน และพวก **อินฟอณา(Infaua)** ฝังตัวอยู่ในทราย(รูป 8-28) โปรโตซัวที่เป็นทั้งไฟโทแพลงตอนและซูโอแพลงตอนถูกกินโดยสัตว์เหล่านี้ซึ่งส่วนใหญ่กินอาหารโดยการพัดน้ำให้แพลงตอนหรืออนุภาคสารอินทรีย์เข้าปาก(filtered feeder) ยิ่งไปกว่านั้น ช่องระหว่างอนุภาคของเม็ดทรายยังเต็มไปด้วยซิลิเอท(ที่เป็นผู้บริโภคร) โดยเฉพาะกลุ่มของทินทินนิดส์(รูป 8-10 ค.) ซึ่งกินแบคทีเรียและอนุภาคสารอินทรีย์และซิลิเอทอื่นที่กินผู้ผลิต(ไฟโทแพลงตอน)โดยตรง ช่วยให้การถ่ายทอดพลังงานดำเนินไปด้วยความรวดเร็ว

การที่แหล่งน้ำเปิดมีผลผลิตปฐมภูมิสุทธิน้อยกว่าแหล่งน้ำอื่นมิได้ทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลแต่อย่างใด ผู้บริโภคชั้นสูงสุดมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับหน่วยพื้นที่ การถ่ายทอดพลังงานจากผู้ผลิตพวกไฟโทแพลงตอน ไปสู่ซูโอแพลงตอน ไปสู่สัตว์น้ำขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ตามลำดับ ดำเนินไปแบบผู้ล่า-ผู้ถูกล่า ความซับซ้อนของสายใยอาหารน้อยกว่าและความหลากหลายของจำนวนผู้บริโภครก็น้อยกว่าในแหล่งน้ำกร่อย

รูป 8-28 แผนภาพแหล่งน้ำประเภทพื้นท้องน้ำชายฝั่งไหลทวิปที่ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตพวกเอพิฟอณาและอินฟอณา ซึ่งเป็นผู้บริโภครโดยตรงของโปรโตซัวที่เป็นผู้ผลิต(ไฟโทแพลงตอน) และผู้บริโภคร(ซูโอแพลงตอน) (จาก Lerman, 1986)



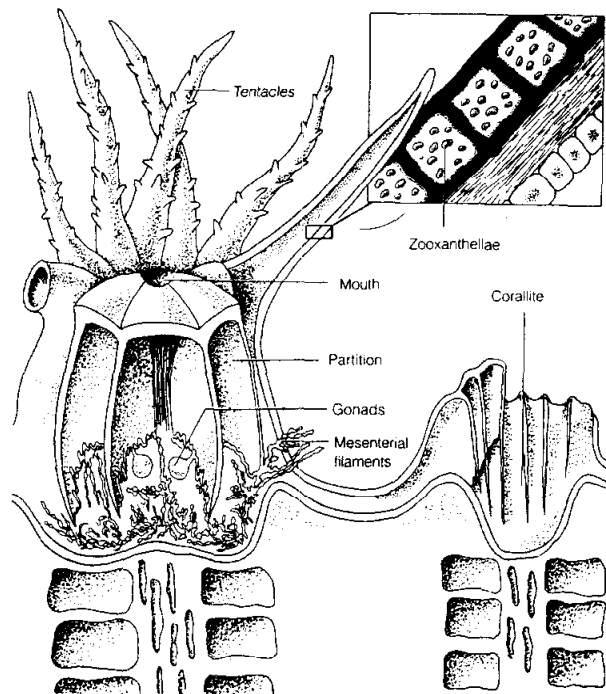
8.3.2 ความสัมพันธ์กับมลพิษ บทบาทของโปรโตซัวในด้านเกี่ยวข้องกับมลพิษของระบบนิเวศนั้นโดยทั่วไปให้ผลทางด้านบวกมากกว่าทางด้านลบ

ดังได้กล่าวแล้วในข้อ 8.1 ว่า โปรโตซัวหลายชนิดกินแบคทีเรียเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะพวกซิลิเอท แหล่งน้ำเขตเบนทอสไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำจืดหรือน้ำเค็มย่อมเป็นที่สะสมของสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของผู้ย่อยสลาย(แบคทีเรีย) เมื่อมีการย่อยสลายก็ต้องมีของเสียหลัก คือ คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ตลอดจนสภาพการขาดออกซิเจนในน้ำ โปรโตซัวเข้ามามีบทบาทควบคุมให้แหล่งสะสมสารอินทรีย์อยู่ในสภาพขาดออกซิเจนด้วยการกินแบคทีเรียที่เจริญอย่างรวดเร็ว เป็นการรับพลังงานเพื่อพร้อมจะส่งต่อเมื่อถูกกินโดยโคเฟพอดและสิ่งมีชีวิตอื่น โดยทั่วไปแหล่งที่มีการย่อยสลายย่อมมีออกซิเจนจำกัด เพราะถูกใช้โดยผู้ย่อยสลายเองและสิ่งมีชีวิตอื่นในบริเวณเดียวกัน ถ้าอัตราการย่อยสลายเร็วเกินไป ไม่มีสิ่งมีชีวิตใดมาควบคุมประชากรของผู้ย่อยสลาย สภาพแวดล้อมก็จะไม่เหมาะสมต่อการมีชีวิตรอดของสิ่งมีชีวิต แม้แต่ของผู้ย่อยสลายเอง โปรโตซัวจึงมีบทบาทสำคัญที่ควบคุมประชากรของผู้ย่อยสลายให้มีอัตราการเพิ่มจำนวนที่พอเหมาะ แอนทิพาและผู้ร่วมงาน(Antipa, et al.,1983) ทดลองศึกษาการเข้าหาแบคทีเรียของซิลิเอทบางชนิด(*Paramecium caudatum*, *P. octaurelia*, *Didinium nasutum*) ถูกเหนี่ยวนำโดยสารเคมีที่ขับถ่ายออกมาจากแบคทีเรีย โดยธรรมชาติ *Paramecium* กินแบคทีเรีย และ *Didinium* กิน *Paramecium* ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าในธรรมชาติพารามีเซียมและไดดีเนียมถูกดึงดูดเข้ามาสู่แหล่งอาหาร(แบคทีเรีย)โดยสารเคมีที่ขับถ่ายออกมาจากแบคทีเรีย เพราะถ้าไม่เป็นเช่นนั้น ทั้งสองสกุลย่อมว่ายน้ำหากินอิสระในแหล่งที่มีปริมาณออกซิเจนพอเหมาะไม่จำเป็นต้องมารวมสะสมอยู่บริเวณที่มีการย่อยสลายและมีปริมาณออกซิเจนน้อย ความเชื่อเช่นนั้นค่อนข้างมีเหตุผลเพราะสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ย่อมต้องการใช้ออกซิเจนเพื่อใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมและชอบที่จะดำรงชีพอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มี pH เป็นกลาง ของเสียหลักอีกอย่างหนึ่ง คือ คาร์บอนไดออกไซด์ถูกขจัดโดยโปรโตซัวกลุ่มไฟโทแฟลเจลเลท สาหร่าย และพืชน้ำ โดยนำเข้าไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้นแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่มีสารอินทรีย์เพิ่มมากกว่าปกติหรือไม่มีสารปนเปื้อนอื่นจึงไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำเนื่องจากกลไกตามธรรมชาติที่ดำเนินไปตามขั้นตอนของห่วงโซ่อาหารดังกล่าว เมื่อแหล่งน้ำใดมีปัญหาด้านมลพิษมนุษย์จึงนำแบคทีเรียและโปรโตซัวมาใช้ประโยชน์ควบคุมความเป็นมลพิษให้ลด

ลงโดยผสมกับเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมสุขภาพ แม้กระทั่งตะกอนที่เป็นกากจากบ่อบำบัดน้ำเสีย ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพาะเลี้ยงโปรโตซัวพวกยูกลีนาได้

แนวปะการังเป็นระบบนิเวศที่สมบูรณ์แบบและมีสายใยอาหารที่ซับซ้อน โดยมีโปรโตซัวเข้ามามีบทบาทป้องกันการเกิดมลพิษ ของเสียจากสัตว์น้ำถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย โปรโตซัวกลุ่มทินทินิดส์(รูป 8-10 ค.) และกลุ่มอื่นที่กินแบคทีเรียเป็นอาหารหลัก ขณะเดียวกัน ไฟโทแพลงเจลเลททำหน้าที่สังเคราะห์แสง เปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นสารอาหารแล้วปล่อยออกซิเจนออกมา *Zooxanthellae* ที่อาศัยแบบพึ่งพายู่ในโคโลนีของปะการัง(รูป 8-29) ใช้ของเสียจากปะการังมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พร้อมทั้งปล่อยออกซิเจนออกมา ทำให้ปะการังมีออกซิเจนสำหรับใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมอย่างเพียงพอภายในโคโลนีและออกมาสู่น้ำทะเลภายนอกด้วย โปรโตซัวจะถูกกินโดยโคเพพอดและซูโอแพลงตอนอื่น สัตว์น้ำอื่นก็มากินซูโอแพลงตอน การถ่ายทอดพลังงานดำเนินไปตามธรรมชาติ ผ่านทางสายใยอาหาร จะเห็นได้ว่า โปรโตซัวมี

รูป 8-29 แผนภาพโครงสร้างโคโลนีของปะการัง ให้สังเกต *Zooxanthellae* จำนวนมากอาศัยแบบพึ่งพายู่ในแทนเทเซลล์(ภาพขยายมุมบนขวา)ของปะการัง (จาก Lerman, 1986)



บทบาทจรรโลงกลไกตามธรรมชาติของแหล่งน้ำตามแนวปะการังให้สะอาด มีปริมาณออกซิเจนสูง มีอาหารเพียงพอ เหมาะสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำอื่น

ตัวอย่างบทบาททางด้านลบของโปรโตซัวที่สัมพันธ์กับมลพิษ คือ การเกิดขี้ปลาวาฬ(red tide)เป็นครั้งคราวในทะเลหลายแห่งทั่วโลก สืบเนื่องมาจากการเจริญอย่างรวดเร็วของไดโนแอสทีกอท เท่าที่มีผู้ศึกษาพบว่า มีมากกว่า 60 ชนิดที่มีสารสีแดงอยู่ในเซลล์จึงทำให้น้ำทะเลบริเวณนั้นมีสีแดง ไดโนแอสทีกอทเหล่านี้มากกว่า 6 ชนิด (ตาราง 8-2) ผลิตสารพิษ เช่น แซกซิทอกซิน(saxitoxin) ซึ่งมีพิษมากกว่า คิวราเร*(curare) ถึง 50 เท่า แพลงตอนในแหล่งที่มีขี้ปลาวาฬส่วนใหญ่มีไดโนแอสทีกอทสกุล *Gonyaulax* และ *Gymnodinium* การเกิดขี้ปลาวาฬมักสัมพันธ์กับอากาศแห้งต่อเนื่องนาน ตามด้วยพายุฟ้าคะนองซึ่งอาจไปกวนให้ตะกอนขี้สั้ระยะพักตัวและแร่ธาตุสารอาหารให้ไหลขึ้นมาสู่ผิวน้ำ ทำให้มีการเจริญแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วภายใน 2-3 วัน มีไดโนแอสทีกอทหนาแน่นถึง 25,000 เซลล์ต่อน้ำทะเลหนึ่งมิลลิเมตร สัตว์น้ำที่กินอาหารโดยพัดแพลงตอนเข้าปากเช่น หอยแครง หอยแมลงภู่ จึงกินไดโนแอสทีกอทที่มีสารพิษเข้าไปนับพันล้านเซลล์ต่อวันและสะสมสารพิษไว้ในเซลล์มากขึ้น เมื่อมนุษย์กินหอยที่มีสารพิษเข้าไป จะเกิดอาการอัมพาตที่เรียกว่า “paralytic shellfish poisoning” ภายในเวลาประมาณ 30 นาทีหลังจากกินหอย สารพิษมีผลกระทบต่อระบบประสาท จึงเป็นประเภท นิวโรทอกซิน(neurotoxin) ไปยับยั้งการส่งกระแสความรู้สึกของประสาทที่ใช้บังคับกล้ามเนื้อและอาจยับยั้งศูนย์ควบคุมการหายใจ ทำให้ถึงแก่ชีวิต การเกิดขี้ปลาวาฬบริเวณชายฝั่งอ่าวเม็กซิโกของสหรัฐหลายครั้งทำให้ปลาตายเป็นจำนวนมาก มีผู้ศึกษาการเกิดขี้ปลาวาฬในอ่าวมลรัฐเมนของสหรัฐพบว่า เต็มไปด้วย *Gonyaulax excavata* และ *G. tamarensis* อาจเนื่องมาจากการทิ้งเครื่องมือลากหอยหน้าดิน หรือการนำหอยมาเลี้ยง ขี้สั้ระยะพักตัวของไดโนแอสทีกอทที่ลอยขึ้นมาหรือที่ติดอยู่กับเปลือกหอยถูกน้ำพัดมารวมกัน จึงเกิดขี้ปลาวาฬขึ้นได้

* curare เป็นสารพิษที่ชาวพื้นเมืองอินเดียนบางเผ่าในอเมริกาใต้ใช้ชุปลูกดอก

ตาราง 8-2 ชนิดของไดโนแฟสติกอทที่ถูกสงสัยว่าเป็นสาเหตุของการเกิด paralytic shellfish poisoning ในทะเลหลายแห่งทั่วโลก (จาก Cheng, 1973)

Dinomastigote species	location of paralytic shellfish poisoning
<i>Exuviaella baltica</i>	West coast, Portugal
<i>Exuviaella mariaelebouriae</i> *	Lake Hamana, Japan
<i>Glenodinium foliaceum</i>	West coast, Portugal
<i>Gonyaulax acatenella</i>	Pacific coast, British Columbia
<i>Gonyaulax catenella</i>	Pacific coast, North America
<i>Gonyaulax polyedra</i>	West coast, Southern California
<i>Gonyaulax tamarensis</i>	North Atlantic coast, North America; Oslo, Norway northeast coast; England west coast; Portugal
<i>Gymnodinium breve</i>	West coast, Florida
<i>Prorocentrum micans</i>	West coast, Portugal
<i>Pyrodinium phoneus</i> **	Belgium

กิจกรรม 8.1

นำแผ่นใยสังเคราะห์ที่ใช้สำหรับขัดล้างถ้วยชาม 4 แผ่นมาผูกมุมทั้ง 4 ด้วยเชือกไนลอนขนาดแล้วนำไปลอยในแหล่งน้ำจืดดังรูป 8-1 หลังจากหนึ่งสัปดาห์รวบรวมมาล้าง นำน้ำที่ล้างมาเซนตริฟิวจ์แล้วดูตะกอนนำมาตรวจหาดูว่ามีโปรโตซัวชนิดใดได้บ้าง

* อาจเป็นสาเหตุของอาการ *venerupin shellfish poisoning* ในญี่ปุ่นซึ่งเคยมีรายงานว่า มีสาเหตุมาจาก *Prorocentrum* sp.

** *Pyrodinium phoneus* อาจเป็นชนิดเดียวกับกับ *Gonyaulax tamarensis*

กิจกรรม 8.2

ใช้เครื่องมือสำหรับดักตัวอย่างดินหย่อนลงไปเก็บดินจากก้นบ่อน้ำ ควรวเลือกบริเวณที่มีเศษใบไม้ทับถมอยู่มากด้วย แบ่งตัวอย่างดินใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำสะอาดลงไปหนึ่งเท่าของปริมาตรดิน ตั้งไว้อาจให้ดินตกตะกอน แล้วจึงใช้ปิเปตดูดน้ำบริเวณผิวดินขึ้นมาตรวจหาดูว่ามีโปรโตซัวชนิดใดบ้าง

สรุป

โปรโตซัวมีถิ่นที่อยู่อาศัยในทุกแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วโลก ตั้งแต่ผิวน้ำลงไปจนถึงพื้นท้องน้ำ แต่ละถิ่นที่อยู่อาศัยมีกลุ่มเด่นเจริญดีกว่ากลุ่มอื่นตามความสามารถปรับตัวให้เหมาะสมต่อการมีชีวิตรอดตลอดจนบทบาทในระบบนิเวศในถิ่นที่อยู่อาศัยเหล่านั้น นอกจากถิ่นที่อยู่อาศัยหลักในแหล่งน้ำแล้ว โปรโตซัวมีวิวัฒนาการดำรงชีพอาศัยร่วมอยู่กับสิ่งมีชีวิตอื่น โดยอาจดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันหรือแบบปรสิตกับสิ่งมีชีวิตอื่น รวมถึงมนุษย์ด้วย ในทำนองเดียวกัน สิ่งมีชีวิตอื่นที่มีขนาดเล็กกว่าก็สามารถเข้ามาดำรงชีพแบบสภาวะอยู่ร่วมกันหรือแบบปรสิตอยู่ในเซลล์ของโปรโตซัวได้ด้วย บทบาทหลักของโปรโตซัวในระบบนิเวศคือ การเป็นผู้ผลิต ซึ่งได้แก่โปรโตซัวพวกไฟโตแฟลเจลเลทและไดอะตอม ในด้านการเป็นผู้บริโภค ลำดับแรกได้แก่ โปรโตซัวกลุ่มที่ไม่มีคลอโรพลาสต์ บทบาทการเป็นผู้บริโภคนี้ ช่วยควบคุมมิให้เกิดมลพิษขึ้นในแหล่งน้ำ เนื่องจากโปรโตซัวกินแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ย่อยสลาย รวมทั้งกินโปรโตซัวด้วยกันเอง เป็นการช่วยหมุนเวียนแร่ธาตุและพลังงานส่งผ่านตามสายใยอาหารไปยังผู้บริโภคลำดับต่อไป โปรโตซัวกลุ่มไฟโตแฟลเจลเลทนอกจากจะนำของเสีย(คาร์บอนไดออกไซด์)ในแหล่งน้ำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว ยังช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการนี้ออกมาละลายอยู่ในแหล่งน้ำอีกด้วย เป็นการเสริมให้แหล่งน้ำมีความสมบูรณ์ทั้งอาหารและสภาพแวดล้อมที่มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตอื่น ผลเสียของโปรโตซัวต่อระบบนิเวศอาจมีขึ้นเป็นครั้งคราว เช่น กรณีของการมีชีปัลลาวาพซึ่งอาจเกิดขึ้นด้วยกลไกตามธรรมชาติหรือบางครั้งเป็นผลเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์

แบบฝึกหัดบทที่ 8

I. จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงเปรียบเทียบกลุ่มของโปรโตซัวว่า มีความคล้ายคลึง หรือแตกต่างกันที่อยู่อาศัยในแหล่งน้ำเปิดที่เป็นแหล่งน้ำจืดและแหล่งน้ำเค็มอย่างไรบ้าง
2. จงซักตัวอย่างกลุ่มของโปรโตซัวปรสิตที่พบในสัตว์มีกระดูกสันหลังมากชนิดมาสัก 2 กลุ่ม

II. จงเติมศัพท์เทคนิคลงในช่องว่างเพื่อให้ได้ข้อความถูกต้องสมบูรณ์

3. โปรโตซัวใน pelagic zone ของทุกแหล่งน้ำ กลุ่มที่เด่นที่สุดคือ ซึ่ง
เป็นองค์ประกอบสำคัญของ ได้แก่ไฟลัม และ
..... รวมถึงพวกที่ปัจจุบันถูกจัดไว้ในไฟลัม Chrysophyta,
Cryptophyta และไฟลัมใหญ่ของสาหร่ายสีเขียวคือ สำหรับไฟลัม
..... พบได้เฉพาะใน freshwater เท่านั้นแต่ไม่พบใน water ใน
ทางตรงกันข้าม เขต zone กลับพบโปรโตซัวในกลุ่มแรกดังกล่าวได้น้อย แต่
จะพบพวกโปรโตซัวที่แท้จริงซึ่งดำรงชีพแบบ ได้มาก สำหรับในแหล่ง
น้ำจืด กลุ่มเด่นได้แก่ และ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากทั้งสองกลุ่มกิน
bacteria ซึ่งมีบทบาทเป็น ในเขตนั้น การที่มีกลุ่มเด่นแรกมากเนื่องจาก
เป็นกลุ่มที่มีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ได้ดีและรวดเร็ว และเป็นกลุ่มที่มีการปรับ
ตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของ pH และสภาพขาดออกซิเจนที่เรียกว่า ได้
ง่าย ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีผู้ศึกษาพบว่า การเข้าไปสู่แหล่งที่มี bacteria ถูกเหนี่ยวนำ
โดยกระบวนการ จากสารเคมีคัดหลังจาก bacteria โดยมีผลต่อ
ทั้งสกุล *Paramecium* ซึ่งตกเป็น ของสกุล ซึ่งเป็น predator
4. โปรโตซัวส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนสำหรับกระบวนการ metabolism ยกเว้น
กลุ่มที่ดำรงชีพแบบ ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ เช่น
..... ที่เป็นสาเหตุของโรค amoebic dysentery ที่อยู่ในสภาพ anaerobic
แม้แต่สกุล และสกุล ซึ่งเป็น blood parasite ทำให้เกิด
โรคไขเหงาหลับและไขจับสันก็ดำรงชีพในสภาพ ไฟลัมที่มีความหลากหลาย
หลายในการดำรงชีพได้หลายรูปแบบคือ เป็นผู้ผลิตที่สำคัญในแหล่ง

น้ำเขต pelagic, เป็น symbiont อยู่กับสัตว์น้ำอื่น เช่น ปะการัง โดยเฉพาะสกุล หรือเป็นปรสิต เช่น สกุล *Amoebophrya* เข้าไปเป็นปรสิตภายในปรสิต *Oodinium* สภาวะเช่นนี้เรียกว่า กลุ่มที่มีความหลากหลายของการดำรงชีพอีกกลุ่มหนึ่งคือ ไพลัม นอกจากหาคีจิสระแล้ว ยังดำรงชีพแบบ symbiosis อยู่ในปลวกและแมลงสาบ ส่วนใหญ่เป็นพวก และ spirotrich นอกจากนี้ยังพบว่า เป็นปรสิตอยู่ในพวกเดียวกันเอง ส่วนใหญ่อยู่ในอนุชั้น

5. ระบบนิเวศทางน้ำที่มีผลผลิตปฐมภูมิสูงสุด คือ water ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเป็นแหล่งมีสารอินทรีย์และแร่ธาตุสมบูรณ์ โดยถูกนำเข้ามาทั้งจากน้ำจืดและจากกระแสไหลวนของน้ำเค็ม ผู้ผลิตสำคัญได้แก่ (1) , (2) และ phytoplankton ตลอดจนสาหร่ายและพืชน้ำอื่น ยิ่งไปกว่านั้น กลุ่มแรก (1) ยังถูกนำพัดมาสะสมอยู่ตามพืชน้ำเป็นการเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น ซึ่งจะเป็นอาหารของกลุ่ม consumer ลำดับแรก คือ ซึ่งจะถูกกินโดย copepod และ rotifer เป็นการถ่ายทอดพลังงานผ่านทางสายใยอาหารต่อไป