บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ไดอะตอมเป็นสาหร่ายขนาดเล็ก บางชนิดอาจอาศัยเป็นเซลล์เดี่ยว หรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งบนดิน และในน้ำ สำหรับไดอะตอมที่อาศัยอยู่ในน้ำนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นไดอะตอมที่ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำ (planktonic diatom) และไดอะตอมที่เกาะติดอยู่กับวัสดุอื่นหรือเบนทิคไดอะตอม (benthic diatom) ไดอะตอมสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารเองได้และสามารถดำรงชีวิตแบบ heterotrophic ในสภาวะที่ไม่มีแสงได้เช่นเดียวกัน โดยอาศัยแหล่งพลังงานจากสารอินทรีย์ในน้ำ (Lee, 1989) เบนทิคไดอะตอมมีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้ผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำโดยเฉพาะในระบบนิเวศของแหล่งน้ำไหล (Mullner and Schagerl, 2003) โดยเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ (Allan, 1995) นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของน้ำเช่น ปริมาณสารอาหาร สภาวะมลพิษ การปนเปื้อนของโลหะหนัก (Vis *et al.,* 1998; Ivorra *et al*., 2002) ถึงแม้ว่าเบนทิคแอลจีจะประกอบด้วยสาหร่ายหลายกลุ่มแต่ไดอะตอมได้รับการยอมรับมากที่สุดในการนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ เนื่องจากสามารถตอบสนองต่อภาวะมลพิษ ได้ดีเท่ากับการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี (Bergey, 1999)

ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับเบนทิคไดอะตอมยังมีอยู่น้อย โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความหลากชนิดกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ (Tolotti, 2001; Biggs and Smith, 2002) ในทวีปยุโรปการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของไดอะตอมกับสารอาหาร กำลังเป็นที่สนใจของนักวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อนำผลที่ได้ไปประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำ และประยุกต์ใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (Kelly, 2003) โดยเฉพาะในระบบนิเวศของลำธารและแม่น้ำ สำหรับในประเทศไทย การศึกษาเกี่ยวกับสาหร่ายมักเน้นไปทางด้านกลุ่มที่เป็นแพลงก์ตอนในระบบนิเวศทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ ในขณะที่ระบบนิเวศของลำธารนั้นสาหร่ายกลุ่มที่มีความสำคัญคือ กลุ่มเบนทิค ซึ่งมีการศึกษากันน้อย งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นของต่างชาติ (Pekthong and Peerapornpisal, 2001) การศึกษาความหลากชนิดของเบนทิคไดอะตอมในบริเวณน้ำตกโตนงาช้างในครั้งนี้ จะทำให้ได้ข้อมูลเบนทิคไดอะตอมชนิดเด่นบนวัสดุยึดเกาะ 2 ชนิดที่แตกต่างกัน ในน้ำตก

โตนงาช้าง ก่อให้เกิดองค์ความรู้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนและจัดการระบบนิเวศของน้ำตกโตนงาช้างหรือน้ำตกอื่นๆได้ในอนาคต

การตรวจเอกสาร

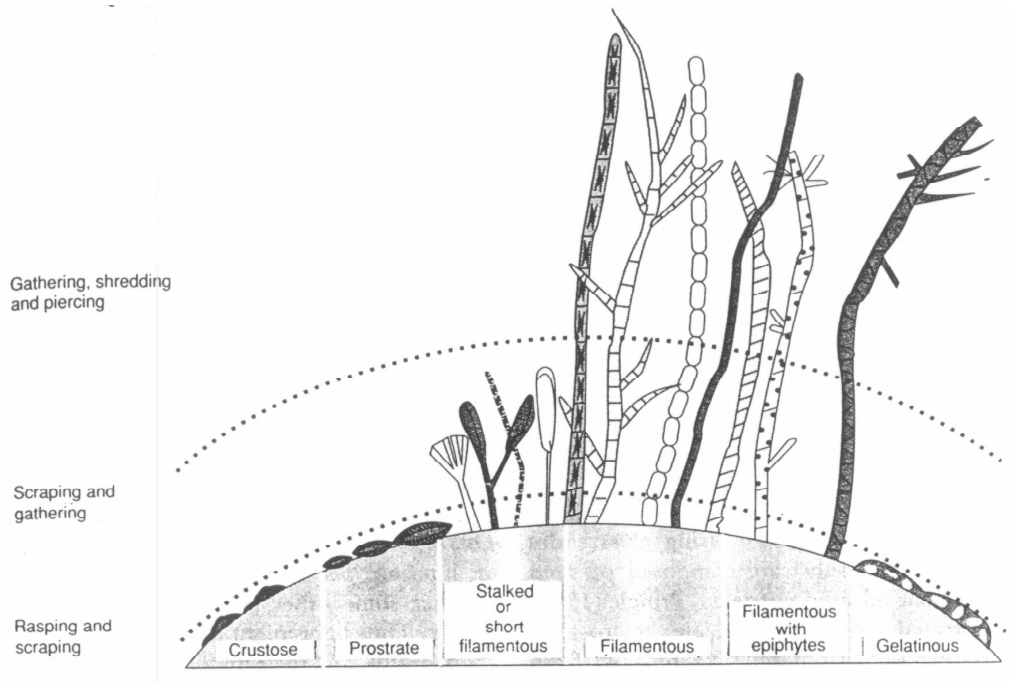
เบนทิคแอลจี (benthic algae) หมายถึงสาหร่ายขนาดเล็กที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ และยึดเกาะกับวัสดุต่างๆในน้ำ (Stevenson, 1996) โดย เบนทิคแอลจี มีความหมายใกล้เคียงกับคำว่า periphyton ซึ่งหมายถึงสิ่งมีชีวิตคล้ายพืชขนาดเล็ก (micro flora) ทุกชนิดที่อาศัยอยู่บน หรือเกาะติดอยู่กับวัสดุต่างๆในน้ำ ได้แก่ สาหร่าย แบคทีเรีย และรา (Wetzel, 2001) เบนทิคแอลจีในแหล่งน้ำจืดส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่ม สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Division Cyanophyta) สาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) และไดอะตอม (Division Bacillariophyta) นอกจากนี้ยังพบ สาหร่ายสีน้ำตาลแกมเหลือง (Division Chrysophyta) คริพโตโมแนด (Division Cryptophyta) และ ไดโนแฟลกเจลเลต (Division Pyrrophyta) ซึ่งมักจะพบอยู่ในรูปของเซลล์ระยะพัก (resting cell) หรือ สปอร์ระยะพัก (resting spore) (Stevenson, 1996) นอกจากนี้ยังสามารถพบ สาหร่ายสีแดง (Division Rhodophyta) ในบริเวณต้นน้ำลำธารที่มีน้ำสะอาด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะรูปร่างของเบนทิคแอลจี (Stevenson, 1996)

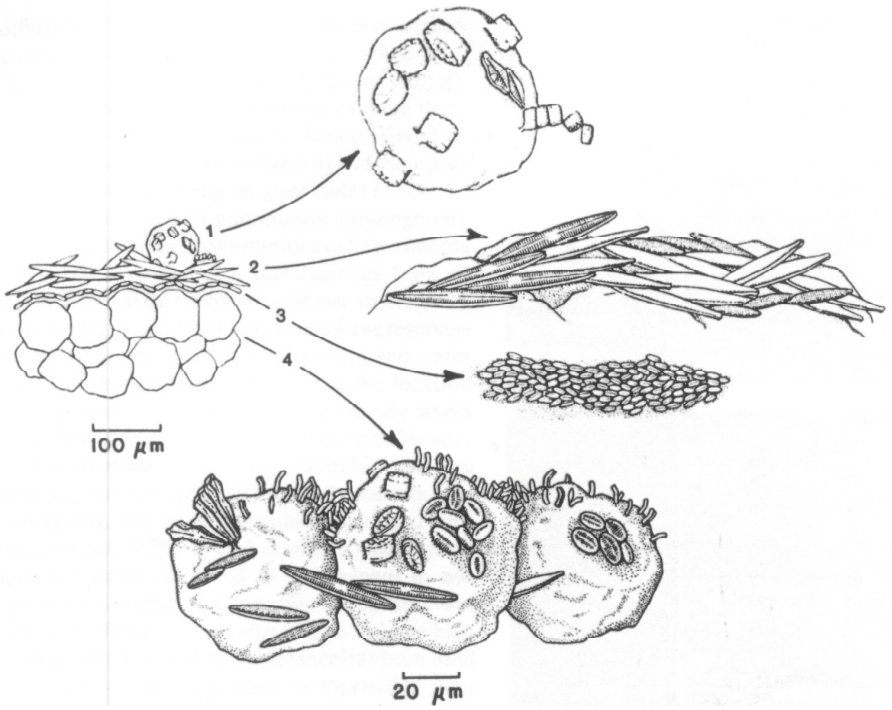
Taxon	Morphology						Means of motility
	Unicellular		Colonial		Filamentous		
	Mot.	N-M	Mot.	N-M	Mot.	N-M	
Cyanophyta (blue-green algae)		/		/	/	/	sheaths
Chlorophyta (green algae)	/	/	/	/		/	flagella and pectin
Bacillariophyta (diatom)	/	/		/		/	raphe
Rhodophyta (red algae)						/	
Chrysophyta (chrysophytes)	/	/	/	/		/	flagella and pseudopod
Xanthophyta (xanthophytes)						/	
Euglenophyta (euglenoids)	/						flagella
Pyrrophyta (dinoflagellates)	/	/		/			flagella
Cryptophyta (cryptomonads)	/						flagella

*Mot. = motile, N-M = non motile

ในระบบนิเวศน้ำจืดสามารถพบเบนทิคแอลจีบริเวณที่มีแสงส่องถึง ในลำธาร แม่น้ำ ทะเลสาบ และพื้นที่ชุ่มน้ำ เบนทิคแอลจีสามารถเจริญอยู่บนวัสดุยึดเกาะได้หลายชนิด ด้วยคุณสมบัตินี้เองทำให้สามารถแบ่งเบนทิคแอลจี ออกเป็นกลุ่มตามวัสดุยึดเกาะ (Stevenson, 1996) เช่น เบนทิคแอลจีที่ขึ้นบนหิน (epilithic algae) เบนทิคแอลจีที่ขึ้นบนพืชน้ำหรือสาหร่ายชนิดอื่นที่มีขนาดใหญ่กว่า (epiphytic algae) เบนทิคแอลจีที่ขึ้นบนทราย (epipsammic algae) เบนทิคแอลจีที่ขึ้นอยู่บนอินทรียวัตถุ และอนินทรียวัตถุอื่น เช่น พื้นโคลน ซากพืช (epipelic algae) เป็นต้น โดยเบนทิคแอลจีมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอาศัยอยู่บนวัสดุยึดเกาะในแต่ละชนิดแตกต่างกันเช่น บนพื้นโคลนเบนทิคแอลจีสร้างฝ้าบางๆ (film) บนวัสดุยึดเกาะที่เป็นหินหรือทรายเบนทิคแอลจียึดเกาะกับวัสดุโดยตรง (crustose and prostrate form) หรือสร้างก้าน (stalk) และในสาหร่ายที่เป็นเส้นสายมีการหลั่งเมือกบริเวณเซลล์ฐาน (basal cell) เพื่อช่วยในการยึดเกาะ (รูปที่ 1) หรือมีการอาศัยรวมกันเป็นลำดับชั้น (canopy) บนเม็ดทราย (รูปที่ 2) (Allan, 1995)



รูปที่ 1 การยึดเกาะแบบต่างๆของเบนทิคแอลจี (Steiman, 1996)



รูปที่ 2 ลักษณะการยึดเกาะและลำดับชั้นในการขึ้นบนทรายของเบนทิคไดอะตอม (1= บริเวณเม็ดทรายด้านบนมีไดอะตอมกลุ่มที่สร้างก้านยึดเกาะเป็นชนิดเด่น, 2 = ชั้นถัดมามีไดอะตอมที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ในกลุ่ม *Navicula* และ *Nitzschia* เป็นกลุ่มเด่น, 3 = เป็นชั้นของเบนทิคไดอะตอมที่สร้างเมือกเพื่อการยึดเกาะ, 4 = ประกอบด้วยไดอะตอมที่ยึดเกาะกับเม็ดทรายโดยตรง (prostrate diatom) ในกลุ่ม *Achnanthes, Cocconeis placentula* และ *Gomphonema angustatum* เป็นต้น) (Pringle, 1990)

ไดอะตอมที่ขึ้นบนหิน (epilithic diatom) และ ไดอะตอมที่ขึ้นบนทราย (epipsammic diatom)

ไดอะตอมที่ขึ้นบนหินหมายถึงไดอะตอมที่อาศัยและเจริญอยู่บนหินขนาดต่างๆ (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็ง เช่น แผ่นหิน ก้อนหิน และ ก้อนกรวด ไดอะตอมที่อาศัยอยู่บน

ทราย ทรายเป็นอนุภาคที่มีความแข็ง และมีขนาดเล็กกว่าก้อนหินแต่มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ไดอะตอม (Stevenson, 1996)

ระบบนิเวศน้ำไหลเป็นระบบที่ได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำอยู่ตลอดเวลา เบนทิคแอลจีที่สามารถอาศัยอยู่ในบริเวณนี้ได้ จะต้องมีความทนทานต่อการชะโดยกระแสน้ำ อาศัยอยู่ใน

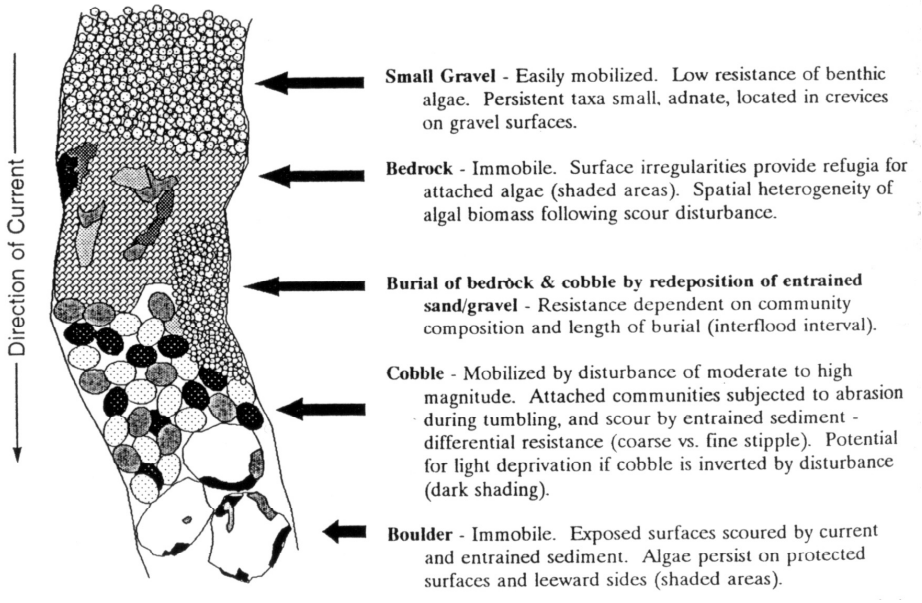
ตารางที่ 2 การจัดกลุ่มอนุภาคต่างๆบริเวณพื้นท้องน้ำ ตามขนาด (ดัดแปลงจาก Allan, 1995)

Size Category	Particle Diameter (mm)
Boulder	>256
Cobble	
Large	128-256
Small	64-128
Pebble	
Large	32-64
Small	16-32
Gravel	
Coarse	8-16
Medium	4-8
Fine	2-4
Sand	
Coarse	0.5-2
Medium	0.25-0.5
Fine	0.063-0.25
Silt	<0.063

บริเวณที่ปลอดภัย เช่น บริเวณซอกหิน และรอยแตกของเม็ดทราย (Mosisch and Bunn, 1997) หรืออาศัยอยู่บนวัสดุยึดเกาะที่มีความเสถียร (Mullner and Schagerl, 2003) ขนาดและชนิดของวัสดุยึดเกาะจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการแพร่กระจายและความชุกชุมของเบนทิคแอลจี (Cattaneo, 1997) โดยก้อนหินขนาดใหญ่ จะสามารถทนทานต่อการพัดพาโดยกระแสน้ำได้ดีกว่าก้อนหินขนาดเล็ก (รูปที่

3) เมื่อเกิดน้ำบ่าไดอะตอมที่อาศัยอยู่บนก้อนหินขนาดเล็กจะถูกชะออกจากวัสดุยึดเกาะได้ง่ายกว่าก้อนหินขนาดใหญ่ (Peterson, 1996)

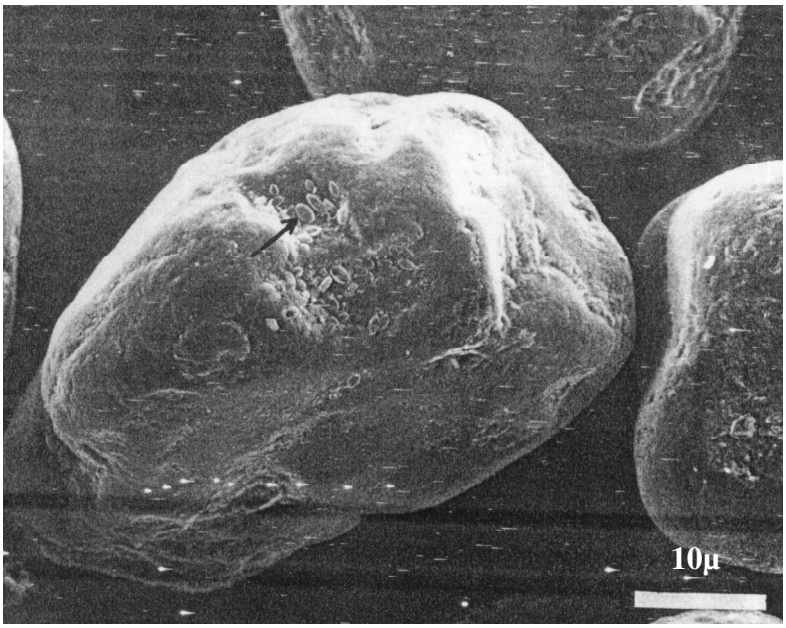
เบนทิคแอลจีชนิดเด่นบนก้อนหินนั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำ ในบริเวณที่กระแสน้ำไหลเร็วเบนทิคแอลจีกลุ่มเด่นได้แก่ไดอะตอมที่ยึดเกาะกับวัสดุโดยตรงหรือสร้างก้านสั้นๆ (prostrate diatom) เช่น *Achnanthes minutissima, Cocconeis placentula* และ *Gomphonema angustatum* หรือไดอะตอมที่สร้างก้านเพื่อใช้ในการยึดเกาะเช่น *Cymbella minuta* ในขณะที่ในบริเวณน้ำไหลช้ามี สาหร่ายสีเขียว และ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกลุ่มที่เป็นเส้นสาย



รูปที่ 3 ศักยภาพในการทนทานต่อการพัดพาของกระแสน้ำและรูปแบบการคงอยู่ของเบนทิคแอลจีบนก้อนหินขนาดต่างๆ (Peterson, 1996)

ซึ่งยึดเกาะโดยใช้เซลล์ฐาน (basal cell) เช่น *Gongrosira* spp., *Homeothrix* spp. และ *Phormidium* spp. เป็นชนิดเด่น (Mullner and Schagerl, 2003) ส่วนเม็ดทรายถูกพัดพาโดยกระแสน้ำได้ง่าย เมื่อถูกพัดพาผิวของเม็ดทรายจะถูกครูดไปกับพื้น ทำให้เบนทิคแอลจี หลุดออกจากเม็ดทรายได้ง่าย (Peterson, 1996) ดังนั้นไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายจึงต้องมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะการรบกวนพื้นท้องน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมประชาคมของไดอะตอมกลุ่มนี้ ไดอะตอมที่อาศัยอยู่ขึ้นบนทรายมีความแตกต่างกันทั้งรูปร่าง ขนาด และตำแหน่งในการยึดเกาะ โดยไดอะตอมที่ขนาดค่อนข้างใหญ่ ยึดเกาะโดยการสร้างก้าน เช่น *Fragilaria leptostauron* มักพบอยู่บริเวณส่วนโค้งของเม็ดทราย ในขณะที่ ไดอะตอมที่มีขนาดเล็ก ยึดเกาะโดยตรงกับวัสดุ เช่น *Achnanthidium lanceolata* อาศัยอยู่บริเวณรอยแตกของเม็ด

ทราย (รูปที่ 4) ซึ่งสามารถช่วยป้องกันการชะจากกระแสน้ำ และป้องกันการครูดกินของสัตว์กินพืชได้อีกด้วย (Biggs, 1996; Miller *et al.,* 1987)



รูปที่ 4 ลักษณะการอาศัยอยู่ของนิคมเบนทิคไดอะตอมบริเวณรอยแยกของเม็ดทราย (Miller *et al.,* 1987)

ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีที่มีผลต่อการเจริญของเบนทิคไดอะตอม

1. ความเร็วของกระแสน้ำ (current velocity)

ในระบบนิเวศน้ำไหล (lotic ecosystem) ความเร็วของกระแสน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมประชาคมสิ่งมีชีวิต สำหรับเบนทิคแอลจีนั้นความเร็วของกระแสน้ำมีบทบาทสำคัญต่อการอพยพ (immigration) และ การสร้างนิคม (colonization) (Ghosh and Gaur, 1998) นอกจากนี้ความเร็วของกระแสน้ำยังมีผลต่อ ลักษณะรูปร่าง ลักษณะทางสรีรวิทยา นิเวศวิทยา อัตราการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างเซลล์สาหร่ายกับน้ำ มวลชีวภาพ และประชาคมของเบนทิคแอลจี (Passy, 2001) ความเร็วของกระแสน้ำนั้นมีความแตกต่างกันทั้งในด้านเวลา (temporal variation) และ พื้นที่ (spatial variation) เช่นการเพิ่มความเร็วของกระแสน้ำในฤดูฝน ทำให้เบนทิคแอลจีหลุดจากวัสดุยึดเกาะได้มากขึ้น และความเร็วของกระแสน้ำที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ทำให้วัสดุบริเวณพื้นท้องน้ำแต่ละบริเวณแตกต่างกันทั้งชนิดและขนาด (Ghosh and Gaur, 1998) และเนื่องจากความแตกต่าง

ของวัสดุพื้นท้องน้ำ ทำให้บริเวณที่กระแสน้ำไหลเร็วมีความหลากชนิดของเบนทิคแอลจีแตกต่างกับบริเวณที่กระแสน้ำไหลช้า จากการศึกษาความหลากชนิดของเบนทิคไดอะตอม ในลำธาร White Creek (Washington Country, New York) ของ Passy (2001) พบว่า *Meridion circulare* และ *Achnanthes minutissima* เป็นไดอะตอมชนิดเด่นในบริเวณกระแสน้ำไหลเร็ว ส่วน *Melosira variance* และ *Fragilaria capucina* เป็นไดอะตอมชนิดเด่นในบริเวณที่กระแสน้ำไหลช้า โดยบริเวณที่กระแสน้ำไหลช้ามีความหลากชนิดของเบนทิคไดอะตอมมากกว่าบริเวณที่กระแสน้ำไหลเร็ว Mullner and Schagerl (2003) ได้ทำการศึกษาความชุกชุมและการแพร่กระจายของเบนทิคแอลจีในบริเวณน้ำไหลเร็ว (riffle zone) และแอ่งน้ำ (pool zone) ในลำธาร Oberer Seebach ซึ่งตั้งอยู่บริเวณเทือกเขาแอลป์ในประเทศออสเตรีย พบว่าในบริเวณน้ำไหลเร็วเบนทิคแอลจีกลุ่มเด่นได้แก่ ไดอะตอม ส่วนในบริเวณแอ่งน้ำ สาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นเบนทิคแอลจีกลุ่มเด่น ความเร็วของกระแสน้ำมีผลต่อการอพยพเข้า (immigration) ของเบนทิคไดอะตอม ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการสะสมความหลากชนิดของเบนทิคไดอะตอมบนวัสดุยึดเกาะ (Stevenson, 1983) โดยกระแสน้ำมีผลต่ออัตราการตกตะกอนของเซลล์ไดอะตอมและอนุภาคต่างๆ ลงสู่พื้นท้องน้ำ ในบริเวณที่กระแสน้ำไหลช้ามีการตกตะกอนมากกว่าบริเวณที่กระแสน้ำไหลเร็ว (Stevenson, 1983; Cushing *et al.,* 1993) นอกจากนี้ในบริเวณที่มีความเร็วของกระแสน้ำแตกต่างกันนั้น ประชาคมของเบนทิคแอลจีมีความทนทาน (resistance) ต่อการชะของกระแสน้ำ และความสามารถในการกลับสู่สภาพเดิม (resilience) แตกต่างกัน (Peterson and Stevenson, 1993) โดยในบริเวณกระแสน้ำไหลเร็วประชาคมของเบนทิคแอลจีมีความสามารถในการทนต่อการชะของกระแสน้ำได้มากกว่า แต่อัตราการกลับสู่สภาพเดิมของประชาคมช้า ในขณะที่บริเวณกระแสน้ำไหลช้าหรือบริเวณแอ่งน้ำเบนทิคแอลจีจะถูกชะออกจากวัสดุยึดเกาะได้ง่ายเมื่อความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มขึ้น แต่อัตราการกลับสู่สภาพเดิมของประชาคมเบนทิคแอลจีจะเร็ว Peterson and Stevenson (1992) ได้ทำการทดลองผลของการรบกวนจากกระแสน้ำต่อความทนทานและความสามารถในการกลับสู่สภาพเดิมของประชาคมเบนทิคแอลจี ในบริเวณที่กระแสน้ำไหลเร็ว (29 ซม./วินาที) และกระแสน้ำไหลช้า (12 ซม./วินาที) ในลำธารของรัฐ Kentucky ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า *Achnanthes minutissima* และ *Gomphonema angustatum* เป็นไดอะตอมที่เป็นชนิดเด่นและมีความทนทานต่อการชะสูง โดย *A. minutissima* มีอัตราการกลับสู่สภาพเดิม 95.9% ในวันที่ 12 และ 92.3% ในวันที่ 6 บริเวณน้ำไหลเร็วและช้าตามลำดับ นอกจากนี้ความเร็วของกระแสน้ำมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณสารอาหารและปริมาณไอออนในแหล่งน้ำ (Biggs and Close, 1989; Stevenson, 1996) โดยเฉพาะในแอ่งน้ำ กระแสน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำ และนำพาสารอาหารเข้าสู่ระบบ (Mosisch and Bunn, 1997) Biggs and Close (1989) ได้การศึกษาความสัมพันธ์

ระหว่างความเร็วกระแสน้ำกับธาตุอาหาร ในแม่น้ำซึ่งมีพื้นท้องน้ำประกอบด้วย หินและก้อนกรวด ทางตอนใต้ของประเทศนิวซีแลนด์ พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ระหว่างความเร็วกระแสน้ำกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับการนำไฟฟ้า Savaria *et al.,* (1998) ได้สรุปผลของความเร็วของกระแสน้ำ ที่มีผลต่อสมดุลของสาหร่ายกลุ่มที่เกาะติดกับวัสดุอื่น ดังนี้ ความแรงของกระแสน้ำนั้นมีผลต่อปริมาณสารอาหารในระบบ โดยกระแสน้ำที่มีความเร็วมากกว่าจะช่วยนำพาสารอาหารเข้าสู่ระบบ ช่วยลดการขาดแคลนของสารอาหาร นอกจากนั้นยังมีผลต่อการลงเกาะของอนุภาคต่างๆ รวมถึงสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะมีน้อยลงเมื่อความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มขึ้น และ การหลุดออกของอนุภาคและสิ่งมีชีวิต จากวัสดุยึดเกาะจะมากขึ้น เมื่อความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มขึ้น

2. แสง (Light)

แสงเป็นปัจจัยหลักสำหรับเบนทิคแอลจี เนื่องจากแสงเป็นปัจจัยหลักในการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย เพื่อเปลี่ยนอนินทรีย์สารเป็นอินทรีย์สาร นำไปใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมของเซลล์ ดังนั้นแสงจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของสาหร่าย (Hill, 1996) ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มแสงที่ส่องผ่านในแหล่งน้ำ

2.1 พืชริมฝั่ง (riparian vegetation) โดยร่มเงาจากพืชริมฝั่ง จะเป็นตัวบดบังแสงในการส่องลงไปในลำน้ำ ความเข้มแสงที่ส่องมายังผิวน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความหนาแน่นของพืชบริเวณริมฝั่ง โดยเฉพาะในบริเวณต้นน้ำลำธารซึ่งลำธารมีขนาดเล็กพืชพันธุ์เจริญอย่างหนาแน่นทำให้ความเข้มแสงมีน้อย (Davis, 2002) Mosisch *et al.* (1999) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับผลของร่มเงา ต่อการเจริญของเบนทิคแอลจี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการทดลองที่มีร่มเงา 90% 50% และ 0 % แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสาหร่ายที่ได้รับแสงมากกว่ามีปริมาณมวลชีวภาพที่สูงกว่า บริเวณที่ได้รับแสงน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณแสงที่มากพอ จะทำให้การเจริญของสาหร่ายดีกว่า นอกจากนี้ความเข้มแสงยังมีผลต่อชนิดของเบนทิคแอลจีอีกด้วย โดย Mosisch *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาความสำคัญของร่มเงาและสารอาหารต่อผลิตผลของสาหร่ายในลำธาร เขตกึ่งร้อน ทางตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย พบว่าในลำธารที่มีปริมาณแสงส่องถึงพื้นน้ำมากกว่า 57% มีสาหร่ายสีเขียวเป็นกลุ่มเด่น ส่วนในบริเวณที่มีแสงส่องถึงน้อยกว่า 57% สาหร่ายกลุ่มเด่นได้แก่ไดอะตอม

2.2 ผลจากสารในมวลน้ำ (water column effect) เช่น สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ ปริมาณสารแขวนลอยและแพลงก์ตอนพืชในน้ำ จะเป็นตัวขัดขวางการส่องผ่านของแสงไปยังพื้นท้องน้ำ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชจะเป็นตัวดูดซับแสง ผลจากสารในมวลน้ำ จะมากขึ้นเมื่อลำน้ำมีความลึกเพิ่มมากขึ้น (Hill, 1996)

3. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิในระบบนิเวศน้ำไหลมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและช่วงเวลาของรอบวัน ซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละลำธารขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศ ความหนาแน่นของพืชริมฝั่ง และปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลลงสู่ลำธาร (Allan, 1995) ผลของอุณหภูมิต่อเบนทิคแอลจีมีหลายระดับ ได้แก่ ระดับเซลล์ เช่น ผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจ องค์ประกอบของสารเคมีภายในเซลล์และวัฏจักรชีวิต (life cycle) ระดับประชากร โดยส่งผลต่อ การปรับตัวด้านสรีรวิทยา และวิวัฒนาการของสาหร่าย (DeNicola, 1996) เบนทิคแอลจีแต่ละชนิดมีความทนทาน และมีระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกัน เช่นที่อุณหภูมิ 5-20 ^{0}C, 15-30 ^{0}C และ >30 ^{0}C มีไดอะตอม สาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นสาหร่ายกลุ่มเด่นตามลำดับ (Wild and Tilly, 1981; Lamberti and Resh, 1985 อ้างโดย DeNicola, 1996) ซึ่งจะส่งผลให้มีสาหร่ายแตกต่างกันในแต่ละประชาคม ผลต่อระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแต่ละฤดูกาลส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพของเบนทิคไดอะตอมแตกต่างกัน (DeNicola, 1996) นอกจากอุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งโดยตรงและโดยอ้อมแล้ว อุณหภูมิยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและไฟฟ้าบางประการของน้ำ เช่น การละลายของออกซิเจน และสัดส่วนของแอมโมเนียในรูป NH_3 และ NH_4^+ (วิรัช จิ๋วแหยม, 2544)

4. สารอาหาร (Nutrient)

ฟอสเฟต ไนเตรท คาร์บอน และซิลิเกต เป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อการเจริญของสาหร่าย ทั้งสาหร่ายที่ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอน และเบนทิค (Allan, 1995; Wetzel, 2001) โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งถูกนำไปใช้ในกระบวนการเจริญของเซลล์ ส่วนซิลิเกต เป็นสารประกอบสำคัญของผนังเซลล์ไดอะตอม (Wetzel, 2001)

Mosisch *et al.* (1999) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับผลของสารอาหารต่อการเจริญเติบโตของเบนทิคแอลจี ในบริเวณที่มีร่มเงาแตกต่างกัน ในบริเวณลำธารของเขตกึ่งร้อน โดยการใช้วัสดุยึดเกาะเทียมที่มีสารอาหารเป็นส่วนประกอบ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสผสมไนโตรเจน นำไปทดลองในบริเวณที่มีร่มเงา 0%, 50% และ 90% พบว่าสาหร่ายที่เป็นกลุ่มเด่นคือกลุ่มของไดอะตอม จากการเปรียบเทียบปริมาณ คลอโรฟิลล์ เอ พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ ได้รับร่มเงาต่างกัน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ให้ฟอสฟอรัส อย่างเดียว กับ กลุ่มที่ให้ ไนโตรเจน และ ไนโตรเจน ผสม ฟอสฟอรัส ($P<0.05$) กลุ่มที่ให้ฟอสฟอรัสอย่างเดียวมีปริมาณมวลชีวภาพต่ำสุด เมื่อเวลาผ่านไป 7 สัปดาห์ ในการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่า ไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด ใน การเจริญเติบโตของเบนทิคแอลจีในลำธารแห่งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของนักวิทยาศาสตร์อีกหลายท่าน เช่น Hill and Knight (1988) ;

Lohman *et al.* (1991) อ้างโดย Mosisch *et al.* (1999) Tate (1990) ได้ทำการทดลองในลักษณะที่คล้ายคลึงกันนี้ คือการใช้วัสดุยึดเกาะเทียมที่บรรจุสารอาหารที่แตกต่างกัน โดยทำการศึกษาในลำธารซึ่งไหลผ่านทุ่งหญ้าแพรรี่ ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามวลชีวภาพของสาหร่าย (chlorophyll a และ ash-free dry mass) มีค่าสูงสุดในกลุ่มทดลองที่ให้สารอาหารที่มีทั้งฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดในระบบนิเวศลำธารนั้น อาจจะเป็นไนโตรเจน หรือฟอสฟอรัส ขึ้นอยู่กับความสามารถในการตอบสนอง และความจำเพาะเจาะจงของสาหร่ายที่มีต่อสารอาหาร ความแตกต่างขององค์ประกอบทางธรณี และองค์ประกอบอื่นๆในแหล่งน้ำ ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละลำธาร (Tate, 1990 ; Mosisch *et al.*, 1999 ; Stevenson *et al.*, 1996) นอกจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ธาตุอาหารอื่นๆเช่น คาร์บอน เป็นปัจจัยจำกัดในแหล่งน้ำอ่อน และเนื่องจากในระบบนิเวศลำธาร มีไดอะตอมเป็นสาหร่ายกลุ่มเด่น จึงทำให้ซิลิเกต ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ไดอะตอม เป็นสารอาหารที่สำคัญ และเป็นปัจจัยจำกัดในบางแหล่งน้ำ (Stevenson *et al.,* 1996)

นอกจากชนิดและปริมาณของสารอาหารในแหล่งน้ำจะมีบทบาทสำคัญในการเจริญของเบนทิคแอลจีแล้ว ยังมีผลต่อความหลากชนิด และโครงสร้างประชาคมของสาหร่ายอีกด้วย (Pringle, 1990: Kelly, 2003) Fairchild *et al.* (1985) ทำการศึกษาการเจริญของเบนทิคแอลจี บนวัสดุยึดเกาะเทียมซึ่งบรรจุสารอาหารแตกต่างกัน และนำไปวางในทะเลสาบ Douglas ในรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเวลา 51 วัน พบว่าบนวัสดุยึดเกาะที่บรรจุฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียวมี *Anabaena* sp., *Rhopalodia gibba* และ *Epithemia zebra* เป็นชนิดเด่น *Achnanthes minutissima, Gomphonema* sp. และ *Cocconeis placentula* เป็นเบนทิคแอลจีชนิดเด่นบนวัสดุยึดเกาะที่บรรจุไนโตรเจน ส่วนบนวัสดุยึดเกาะที่บรรจุทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมี *Stigeoclonium tenue* และ *Navicula* spp. เป็นชนิดเด่น Kelly (2003) ได้ศึกษาประชาคมของเบนทิคไดอะตอมในลำธารทางตอนเหนือของประเทศอังกฤษ ก่อนและหลังการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสทางอากาศในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมเหนือลำธาร พบว่าการให้ปุ๋ยในพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียง ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำเพิ่มขึ้น สัดส่วนระหว่าง ไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสมีค่าลดลง ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงชนิดเด่นของเบนทิคแอลจี จาก *Achnanthes minutissima, Gomphonema angustatum* และ *Synedra ulna* เป็นไดอะตอมในสกุล *Epithemia* นอกจากนี้ความเข้มข้น และ ความแตกต่างของสารอาหารในแต่ละบริเวณของลำธาร ยังส่งผลต่อความหลากชนิดของเบนทิคแอลจี Pringle (1990) ได้ตั้งข้อสังเกตไว้ว่าความแตกต่างของสารอาหารในแต่ละช่วงเวลา และพื้นที่ ทำให้ระบบนิเวศลำธารสามารถคงความหลากชนิดของเบนทิคแอลจีไว้ได้

5. การนำไฟฟ้า (Conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้า หรือการนำไฟฟ้าจำเพาะของน้ำ คือความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าของน้ำ มักจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ได้แก่เกลือแร่ต่างๆ ปัจจัยที่มีผลต่อการนำไฟฟ้าของน้ำได้แก่ ระดับการแตกตัวเป็นไอออนของเกลือแร่ต่างๆ จำนวนประจุของไอออนแต่ละตัว การเคลื่อนที่ของไอออนและอุณหภูมิของน้ำ การนำไฟฟ้าของน้ำจืดส่วนใหญ่จะมีค่าระหว่าง 10-1000 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร (วิรัช จิ๋วแหยม, 2544)

6. ความเป็นกรด-เบส (pH)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสและการแพร่กระจายของสาหร่าย เป็นที่สนใจกันมาก ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของมลพิษ สภาวะฝนกรด และการระบายน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (Wetzel, 2001; Planas, 1996) ความเป็นกรด-เบส ของแหล่งน้ำธรรมชาติอยู่ในช่วง 4.0-9.0 แต่ช่วงค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมกับกับสิ่งมีชีวิตในน้ำมักจะมีค่าอยู่ในช่วง 6.5-9 (วิรัช จิ๋วแหยม, 2544) สาหร่ายแต่ละชนิดมีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีในช่วงที่มีค่าความเป็นกรด-เบส แตกต่างกัน สาหร่ายสีเขียวบางชนิดเช่น *Mougeotia quadragulata* และ *Zygogonium tunetanum* เติบโตได้ดีใน pH 5.6 และ 4.8-6.8 ตามลำดับ (Planas, 1996) ส่วนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมักพบว่าสามารถเจริญได้ดีในสภาวะด่าง (Wetzel, 2001) สำหรับไดอะตอม เป็นสาหร่ายกลุ่มที่ถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาพกรด-เบส ในแหล่งน้ำ (Wetzel, 2001; Planas, 1996; Tolotti, 2001) ทั้งนี้เนื่องจากไดอะตอมบางชนิดสามารถทนทานต่อสภาวะกรด เช่น *Tabellaria flocculosa* และ *Eunotia pectinalis* (Planas, 1996) อย่างไรก็ตามความหลากชนิดของสาหร่ายมีสูงสุดเมื่อความเป็นกรด-เบส อยู่ในสภาวะเป็นกลาง (Wetzel, 2001)

7. ออกซิเจน (Oxygen)

ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดต่อสิ่งมีชีวิต ทั้งในระบบนิเวศของทะเลสาบและลำธาร เนื่องจากสิ่งมีชีวิตใช้ออกซิเจนหายใจ และใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมของเซลล์ ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความดันอากาศ ความเค็ม และอุณหภูมิ โดยการละลายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ในระบบนิเวศน้ำไหลปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในลำธารที่น้ำค่อนข้างตื้นและ การไหลของกระแสน้ำเป็นแบบ turbulence ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอาจจะอยู่ในภาวะอิ่มตัว (saturated) หรือมากกว่าสภาวะอิ่มตัว (over saturated) ส่วนในระบบนิเวศของแม่น้ำ ที่น้ำค่อนข้างลึก ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะขึ้นอยู่กับความลึก การไหลของกระแสน้ำ และ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ นอกจากนี้กิจกรรมการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายและพืชน้ำ ยังเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่น้ำ และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดจะเกิดในช่วงบ่าย ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่พืชมีการสังเคราะห์แสงเต็มที่ (Wetzel, 2001; Allan, 1995)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความหลากชนิดและความชุกชุมของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหินและไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายทราย
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเบนทิคไดอะตอมกับวัสดุยึดเกาะ
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมกับปัจจัยทางเคมีและกายภาพของน้ำ