บทที่ 4

วิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 เบนทิคไดอะตอม

การศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างเบนทิคไดอะตอมบนวัสดุยึดเกาะ 2 ชนิดคือ ก้อนหิน และพื้นทราย พบเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหิน และ เบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายจำนวนเท่ากัน คือ 49 ชนิด โดยเบนทิคไดอะตอมที่พบบนวัสดุยึดเกาะทั้งสองเป็นชนิดเดียวกัน แต่มีความแตกต่างของชนิดเด่น โดยไดอะตอมที่มีความชุกชุมบนวัสดุยึดเกาะที่เป็นหินได้แก่ *A. minutissima* Kü tzing ยึดเกาะกับพื้นผิวโดยการใช้ราฟี (raphe) มีการขับเมือก มาสร้างก้านสั้นๆ ตรงบริเวณใกล้ปลายเซลล์ (sub apical) และวางตัวในลักษณะคว่ำลงกับพื้น การวางตัวในลักษณะนี้ทำให้ลดพื้นที่ในการปะทะกับกระแสน้ำ ทำให้ *A. minutissima* Kützing มีความหนาแน่นสูง และประสบความสำเร็จในการอาศัยอยู่บริเวณที่กระแสน้ำไหลแรง (Peterson, 1996; Mullner and Schagerl, 2003; Biggs and Smith, 2002; Passy , 2001) เช่นบริเวณน้ำตกโตนงาช้าง สอดคล้องกับการศึกษาของ Mullner and Schagerl (2003) ซึ่งทำการศึกษาความชุกชุมและการแพร่กระจายในแนวดิ่งของนิคมเบนทิคแอลจี ในลำธาร Oberer Seebach ในประเทศออสเตรีย ซึ่งเป็นลำธารอันดับ 2 (2^{nd} order stream) พื้นท้องน้ำประกอบด้วย หินและกรวด โดยพบ *A. minutissima* Kützing เป็นไดอะตอมชนิดเด่นในบริเวณที่กระแสน้ำไหลแรง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Passy (2001) ได้ทำการศึกษาการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมในลำธารที่มีพื้นท้องน้ำเป็นหินและกรวด ใน White Creek รัฐวอชิงตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า *A. minutissima* Kützing เป็นไดอะตอมชนิดเด่นเช่นเดียวกัน

ไดอะตอมที่มีความชุกชุมและเป็นชนิดเด่น บนพื้นทรายได้แก่ *A. lanceolata* (Brebisson) Grunow ซึ่งยึดเกาะกับเม็ดทรายโดยใช้ราฟีเกาะกับเม็ดทรายโดยตรง มักจะพบอยู่บริเวณรอยแตกของเม็ดทราย ทำให้สามารถลดการชะด้วยกระแสน้ำเมื่อเม็ดทรายถูกพัดพา (Biggs, 1996) สอดคล้องกับการศึกษาของ Miller *et al.* (1987) ซึ่งทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในประชาคมเบนทิคแอลจีบนเม็ดทราย พบ *A. lanceolata* (Brebisson) Grunow เป็นไดอะตอมชนิดเด่น ในเม็ดทราย และพบชุกชุมตลอดระยะเวลาที่ศึกษา (33 วัน)

จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าไดอะตอมที่เป็นชนิดเด่น บนวัสดุยึดเกาะทั้ง 2 ชนิดเป็นไดอะตอมที่มีขนาดเล็ก เกาะติดกับวัสดุโดยตรงหรือขับเมือกมาสร้างก้านสั้นๆ เช่น *A. lanceolata* (Brebisson) Grunow, *A. minutissima* Kützing, *A. oblongella* Oestrup, *G. angustatum* (Kützing) Rabenhorst และ *A. laevis* Oestrup ซึ่งนอกจากสามารถยึดเกาะกับวัสดุได้อย่างแข็งแรงแล้ว ยังสามารถป้องกันการครูดกิน (grazing) จากสัตว์กินพืชได้เป็นอย่างดี (Steinman and McIntire, 1990)

ความคล้ายคลึงระหว่างเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหิน และทราย จากการวิเคราะห์ความชุกชุมของเบนทิคไดอะตอม ในแต่ละสถานีและเดือนที่เก็บตัวอย่าง พบว่ามีความคล้ายคลึงกัน 52% และ 55% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความชุกชุมของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหินและทรายมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ส่วนความคล้ายคลึงของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหินในแต่ละสถานีพบว่า ในความคล้ายคลึงแต่ละสถานี กลุ่มย่อยที่ 1 (สถานีที่ 3, 4 และ 5) มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มย่อยที่ 2 (สถานีที่ 1 และ 2) 58 % อาจจะเป็นเพราะว่า ในกลุ่มย่อยที่ 2 เป็นบริเวณที่มีการรบกวนจากนักท่องเที่ยวน้อยกว่ากลุ่มย่อยที่ 1 ส่วนความคล้ายคลึงในแต่ละเดือนพบว่า กลุ่มย่อยที่ 1 (กุมภาพันธ์ ธันวาคม และ ตุลาคม) คล้ายคลึงกับกลุ่มย่อยที่ 2 (สิงหาคม มิถุนายน และ เมษายน) 69 % อาจจะเป็นเพราะ ในกลุ่มย่อยที่ 1 เป็นเดือนที่ กระแสน้ำค่อนข้างแรง และ มีความลึก มากกว่ากลุ่มย่อยที่ 2 แต่ทั้งนี้ความแตกต่างระหว่างกลุ่มย่อยทั้ง 2 ยังไม่ชัดเจน

ความคล้ายคลึงของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายในแต่ละสถานี พบว่ากลุ่มย่อยที่ 1 (สถานีที่ 2 และ 5) มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มย่อยที่ 2 (สถานีที่ 1, 3 และ 5) 65% สำหรับความแตกต่างระหว่างกลุ่มย่อยที่ 1 และ 2 อาจจะเป็นเพราะความลึกของน้ำในกลุ่มย่อยที่ 1 แตกต่างกับสถานีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนความคล้ายคลึงในแต่ละเดือน พบว่ากลุ่มย่อยที่ 1 (มิถุนายน สิงหาคม และ ตุลาคม) มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มย่อยที่ 2 (เมษายน ธันวาคม และ กุมภาพันธ์) 75 % โดยในกลุ่มย่อยที่ 2 มีปริมาณตะกอนแขวนลอยสูงกว่า กลุ่มย่อย ที่ 1 แต่ทั้งนี้ความแตกต่างระหว่างกลุ่มย่อยทั้ง 2 ยังไม่ชัดเจนมากนัก

จากการเปรียบเทียบจำนวนชนิดของเบนทิคไดอะตอมระหว่างบริเวณน้ำตกโตนงาช้าง กับน้ำตกแม่สา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของลำน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่พบว่า น้ำตกโตนงาช้างมีความหลากชนิดของเบนทิคไดอะตอม มากกว่าน้ำตกแม่สา ซึ่งพบเพียง 19 ชนิดเท่านั้น (Peerapornpisal *et al.*, 2000) ทั้งนี้เป็นเพราะพื้นที่รับน้ำของน้ำตกแม่สาเป็นแหล่งชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมจึงอาจมีการปนเปื้อนของสารเคมีและธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำ ในขณะที่น้ำตกโตนงาช้างพื้นที่รับน้ำเป็นป่าสมบูรณ์ (กรมป่าไม้, ม.ป.ป.) จากการเปรียบเทียบจำนวนชนิดของเบนทิคไดอะตอม ในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษา และในแต่ละเดือน พบว่าไดอะตอมที่ขึ้นบนหินมีความแตกต่าง

ของจำนวนชนิดระหว่างสถานี โดยสถานีที่ 3 และ 4 แตกต่างกับสถานีที่ 1 2 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสถานีที่ 3 และ 4 มีจำนวนชนิดน้อยกว่า สถานีอื่น ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าสถานีที่ 3 และ 4 กระแสน้ำไหลเร็วกว่าสถานีอื่นๆ โดยเฉพาะในสถานีที่ 3 ทำให้มีความหลากชนิดของเบนทิคไดอะตอมน้อยกว่าบริเวณที่กระแสน้ำไหลช้า (Passy , 2001; Mullner and Schagerl, 2003) แต่ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของจำนวนชนิดในแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับความเร็วของกระแสน้ำ ที่ไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกัน ส่วนจำนวนชนิดของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนทราย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P> 0.05$) ทั้งในสถานีและเดือนที่เก็บตัวอย่าง อาจเนื่องจากทำการเก็บตัวอย่างไดอะตอมจากพื้นทรายในบริเวณแอ่งน้ำแคบๆ ระหว่างก้อนหิน ซึ่งมีความลึกกว่าบริเวณก้อนหิน ทำให้บริเวณนี้มีการรบกวนจากความแรงของกระแสน้ำน้อยกว่าบริเวณก้อนหินซึ่งมีการปะทะกับกระแสน้ำโดยตรง นอกจากนี้เม็ดทรายและเซลล์ไดอะตอมที่ถูกพัดพาโดยกระแสน้ำอาจจะตกลงอยู่ในก้นแอ่ง ส่งผลให้ชนิดและปริมาณของไดอะตอม มีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก นอกจากการการเปลี่ยนแปลงจำนวนชนิดของเบนทิคไดอะตอมที่อาศัยอยู่บนพื้นทราย ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีแล้ว ความหลากชนิดของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนทราย ยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งของนิคมเบนทิคไดอะตอมบนเม็ดทราย (Biggs, 1996) และ ตำแหน่งของพื้นทรายภายในลำธารนั้นอีกด้วย (Passy, 2001)

4.2 คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบริเวณ น้ำตกโตนงาช้าง พบว่าเป็นแหล่งต้นน้ำที่น้ำมีคุณภาพดี ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดิน สามารถจัดน้ำตกโตนงาช้างเป็นแหล่งน้ำประเภท 1 คือเป็นแหล่งน้ำเพื่อ การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน เพื่อการอนุรักษ์ และใช้อุปโภคบริโภค (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ ของน้ำตกโตนงาช้างจากการศึกษาครั้งนี้ กับ การศึกษาของ พรศิลป์ ผลพันธิน และ พิมพรรณ ตันสกุล (ติดต่อส่วนตัว) ซึ่งทำการศึกษาระหว่าง เดือนเมษายน 2546 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2547 ก่อนการศึกษาครั้งนี้ 1 ปี พบว่า ในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณไนเตรท (1.36 มก./ลิตร) ฟอสเฟต (14.58 ไมโครกรัม/ลิตร) และ ซิลิเกต (0.38 มก./ลิตร) มีค่าสูงกว่า การศึกษาในช่วงเวลาเดียวกันของการศึกษาในปี 2546 มีค่า 0.12 มก./ลิตร , 11.5 ไมโครกรัม/ลิตร และ 0.25 มก./ลิตร ตามลำดับ ส่วนปัจจัยอื่นๆมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า อาจจะมีการปนเปื้อนของสารอาหารในบริเวณน้ำตกโตนงาช้างเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในน้ำตกโตนงาช้างกับลำน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่

พบว่าน้ำในลำน้ำแม่สา มีปริมาณสารอาหารสูงกว่า โดยลำน้ำแม่สา มีปริมาณไนเตรทสูงกว่า 6 เท่า (9.635 มก./ลิตร) ปริมาณฟอสเฟตสูงกว่า 136 เท่า (2,040 ไมโครกรัม/ลิตร) และซิลิเกตสูงกว่า 1.4 เท่า (0.56 มก./ลิตร) (Pekthong, 2002) ทั้งนี้เป็นเพราะพื้นที่รับน้ำของลำน้ำแม่สา ประกอบด้วย แหล่งชุมชน ปางช้างและพื้นที่เกษตรกรรม จึงอาจจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีและธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำ ส่วนในบริเวณน้ำตกโตนงาช้างนั้น พื้นที่รับน้ำจัดเป็นป่าสมบูรณ์ (กรมป่าไม้, ม.ป.ป.)

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในน้ำตกโตนงาช้าง ในแต่ละสถานีและเดือน พบว่า ความลึก และความเร็วกระแสน้ำ ในแต่ละสถานี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสถานีที่ 3 เป็นสถานีที่น้ำไหลเร็วที่สุด เนื่องจากลักษณะพื้นที่มีความลาดชัน และ สถานีที่ 2 เป็นสถานีที่ลึกที่สุด กระแสน้ำไหลช้า มีลักษณะเป็นแอ่งน้ำ ที่ค่อนข้างกว้างและลึก ส่วนสถานีอื่นๆมีลักษณะเป็นลำธารที่ตื้นและน้ำไหลเร็ว ยกเว้นในสถานีที่ 5 เนื่องจากลำธารในบริเวณนี้ทางเจ้าหน้าที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าได้มีการนำก้อนหินมากั้นเป็นระยะ จึงทำให้ลำธารมีแนวก้อนหิน สลับกับแอ่งทราย ส่งผลให้บริเวณที่เป็นแนวก้อนหินน้ำไหลเร็ว ส่วนบริเวณแอ่งทรายน้ำค่อนข้างลึกและกระแสน้ำไหลช้า

ส่วน ปริมาณไนเตรท ฟอสเฟตที่ละลายน้ำ ซิลิเกต ออกซิเจนที่ละลายน้ำ บีโอดี การนำไฟฟ้า ปริมาณสารแขวนลอย และ อุณหภูมิน้ำ ในเดือนต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไนโตรเจนในรูปของไนไตรท์และแอมโมเนีย มีค่าน้อยกว่า 10 ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่า detection limit ของวิธีการที่ใช้ (colorimetric method) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ไนไตรท์ และแอมโมเนียถูกออกซิไดส์ไปเป็นไนเตรทได้อย่างรวดเร็วในระบบนิเวศน้ำไหล (Soininen, 2002) ส่วนไนเตรทวัดได้ปริมาณสูง ในเดือนกุมภาพันธ์ และ เมษายน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ เดือนอื่นๆ อาจเนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าว (ฤดูร้อน) เกิดการย่อยสลายของซากพืช ซึ่งมีมากในช่วงฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน) ส่วนในช่วงฤดูฝน (เดือนมิถุนายน – ธันวาคม) พบซากพืชเหล่านี้น้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงฤดูฝนกระแสน้ำไหลแรง และพัดพาเศษพืชเหล่านี้ออกไปจากระบบ อีกทั้งเมื่อถึงฤดูร้อนปริมาณน้ำในลำธารมีน้อย (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2539) จึงทำให้ปริมาณไนเตรทที่วัดได้ในช่วงฤดูร้อนมีค่ามากกว่าฤดูฝน สำหรับปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ เฉพาะในเดือน สิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมเท่านั้น ที่วัดปริมาณได้มากกว่า 10 ไมโครกรัม/ลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงเดือนดังกล่าว เป็นช่วงฤดูฝนของบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง โดยเฉพาะเดือน ตุลาคม และธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ฝนตกชุก (ตารางภาคผนวก ข ที่ 25) (กรมป่าไม้, ม.ป.ป.) และกระแสน้ำไหลแรง ทำให้มีการนำเข้าฟอสเฟตจากระบบนิเวศบนบก โดยฟอสเฟตถูกนำพาเข้าระบบนิเวศน้ำไหลด้วยการชะของน้ำไหลผิวดิน (overland runoff)

(Valett *et al.,* 1996; Mulholland, 1992) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของไนเตรทและฟอสเฟตที่ละลายน้ำในน้ำตกโตนงาช้างในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Rout and Gaur (1994) ซึ่งศึกษาองค์ประกอบและสมดุลไดนามิกส์ ของเบนทิคแอลจีที่เกาะติดหิน พร้อมทั้งวัดปริมาณสารอาหารและปัจจัยด้านกายภาพบางประการในลำธาร Wah Dienglieng เมือง Shillong ประเทศอินเดีย ซึ่งพบว่า ลำธาร Wah Dienglieng มีปริมาณไนเตรทสูงในฤดูร้อน และฟอสเฟตที่ละลายน้ำสูงฤดูฝน ปริมาณซิลิเกตในน้ำตกโตนงาช้างมีค่าค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี มีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม ซิลิเกตเป็นแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ไดอะตอม โดยแหล่งที่มาของซิลิเกตมาจากการย่อยสลายของหิน โดยซิลิเกตถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของกรดซิลิกิค (silicic acid) (Allan, 1995) ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำตกโตนงาช้างมีค่าเฉลี่ย (7.28 มก./ลิตร) ใกล้เคียงกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอิ่มตัว ที่อุณหภูมิ 25^0C (8.24 มก./ลิตร) (APHA, AWWA and WEF, 1998) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำตกโตนงาช้างเป็นแหล่งน้ำไหลที่ไม่มีมลพิษ (Allan, 1995) และอาจจะเป็นเพราะว่าลักษณะการไหลของน้ำในน้ำตกโตนงาช้างเป็นแบบ turbulence จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ มีค่า สูงกว่าหรือใกล้เคียง กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ อิ่มตัว (Wetzel, 2001) ค่าความเป็นกรด – เบส ของน้ำ มีค่าเป็นกลางถึงเบสเล็กน้อย มีค่าอยู่ระหว่าง 7.35 – 7.91 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (6.5-9) (วิรัตน์ จิ๋วแหยม, 2544) และ เป็นค่าที่ส่งผลให้ความหลากชนิดของสาหร่ายมีค่าสูง (Wetzel, 2001) ส่วนปริมาณ บีโอดี การนำไฟฟ้า และปริมาณของแข็งแขวนลอยมีสูงในช่วง เดือน กุมภาพันธ์ และ เมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน (กรมป่าไม้, ม.ป.ป.) จากการสังเกตลักษณะของซากพืชในน้ำ พบว่าซากใบไม้ได้ถูกย่อยสลายเป็นอนุภาคขนาดเล็ก กลายเป็นตะกอนแขวนลอย อยู่ในมวลน้ำ และ ทับถมกันอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ มากกว่าในช่วงเดือนอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากในฤดูร้อน โดยเฉพาะในเดือนเมษายน อุณหภูมิสูง ทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้เร็ว (Allan, 1995) ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ จะมีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของเบนทิคไดอะตอม โดยจะไปขัดขวางการส่องผ่านของแสงไปยังพื้นท้องน้ำ (Hill, 1996) ส่วนค่าการนำไฟฟ้านั้นเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณเกลือแร่ต่างๆที่ละลายน้ำ ซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ละลายน้ำ (วิรัตน์ จิ๋วแหยม, 2544; เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2539) การนำไฟฟ้าในน้ำตกโตนงาช้าง มีค่าต่ำ โดยมีค่าน้อยกว่า 50 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร (Rinke *et al.,* 2001)

4.3 ปัจจัยที่ควบคุมการแพร่กระจายและความชุกชุมของเบนทิคไดอะตอม

ความเร็วของกระแสน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ในการควบคุมความหลากหลายและการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอม ในระบบนิเวศของน้ำตกโตนงาช้าง โดยพบว่าความเร็วของกระแสน้ำควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหินในเดือน เมษายน มิถุนายน ธันวาคมและกุมภาพันธ์ ควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายในเดือน เมษายน ธันวาคมและกุมภาพันธ์ เบนทิคไดอะตอมส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในบริเวณที่กระแสน้ำไหลช้า สอดคล้องกับการศึกษาของ Mullner and Schagerl (2003) ซึ่งทำการศึกษาความชุกชุมและการแพร่กระจายของเบนทิคแอลจีในบริเวณน้ำไหลเร็ว (riffle zone) และแอ่งน้ำ (pool zone) ในลำธาร Oberer Seebach ซึ่งตั้งอยู่บริเวณเทือกเขาแอลป์ในประเทศออสเตรีย โดยพบว่าในบริเวณที่น้ำไหลช้า มีมวลชีวภาพ และความหลากชนิดของเบนทิคไดอะตอมมากกว่าบริเวณที่น้ำไหลเร็ว นอกจากความเร็วของกระแสน้ำเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมในระบบนิเวศลำธารแล้ว ความเร็วของกระแสน้ำยังมีผลต่อ ลักษณะรูปร่าง สรีรวิทยา นิเวศวิทยา อัตราการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างเซลล์สาหร่ายกับน้ำ มวลชีวภาพ และประชาคมของเบนทิคแอลจี (Passy, 2001) อีกทั้งยังเป็นตัวกำหนดลักษณะของพื้นท้องน้ำ (Ghosh and Gaur, 1998) ซึ่งลักษณะของพื้นท้องน้ำที่ต่างกันจะส่งผลให้ประชาคมของเบนทิคแอลจีแตกต่างกันด้วย นอกความเร็วของกระแสน้ำแล้ว จากการวิเคราะห์ CCA พบว่า ของแข็งแขวนลอยเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหินในเดือน เมษายน สิงหาคมและกุมภาพันธ์ มีผลต่อเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายในเดือน สิงหาคม และตุลาคม โดยเบนทิคไดอะตอมส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยละลายน้ำน้อย ซึ่งปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำจะเป็นตัวขัดขวางการส่องผ่านของแสงไปยังพื้นท้องน้ำ (Hill, 1996) โดยเบนทิคแอลจีที่ได้รับแสงมากกว่ามีแนวโน้มว่า มีการเจริญ และมวลชีวภาพที่สูงกว่า บริเวณที่ได้รับแสงน้อย (Mosisch *et al.,* 1999) นอกจากนี้ Boston and Hill, 1991 ได้สรุปไว้ว่าแสงมักจะเป็นปัจจัยจำกัดในต้นน้ำลำธารที่มีพรรณพืชขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น

นอกจากปัจจัยทางกายภาพที่กล่าวมาข้างต้น ปัจจัยทางด้านเคมี ได้แก่ สารอาหาร เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน คาร์บอน และซิลิเกต ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อการเจริญของสาหร่าย ทั้งสาหร่ายที่ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอน และเบนทิค (Allan, 1995; Wetzel, 2001) ก็ยังมีความสำคัญในการควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอม จากการวิเคราะห์ CCA ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าไนเตรทเป็นปัจจัยที่ควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหินในเดือนมิถุนายน โดยในเดือนมิถุนายนปริมาณของไนเตรทมีน้อยกว่าเดือนอื่นๆ (0.07 มก./ลิตร) มี

แนวโน้มว่าไนเตรทเป็นปัจจัยที่ควบคุมความหนาแน่นสัมพัทธ์ของ *Achnanthes oblongella* Oestrup ซึ่งเป็นเบนทิคไดอะตอมกลุ่มเด่นโดยพบว่ามีความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้นในบริเวณที่มีปริมาณไนเตรทค่อนข้างสูง และควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหินและเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายในเดือน สิงหาคม และ ตุลาคม (ปริมาณไนเตรทมีค่า 0.13-0.16 มก./ลิตร และ 0.11-0.16 มก./ลิตร ตามลำดับ) โดยเบนทิคไดอะตอมส่วนใหญ่เจริญอยู่ในบริเวณที่มีปริมาณไนเตรทค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในเดือนดังกล่าวเบนทิคไดอะตอมมีความต้องการไนเตรทสูง และไนเตรทอาจเป็นปัจจัยจำกัดของแหล่งน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำ ทำให้สัดส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในเดือนสิงหาคมและตุลาคมมีค่า 5.8:1 และ 9.5:1 ตามลำดับ ส่งผลให้ไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดของแหล่งน้ำ (Redfield, 1958 อ้างโดย Allan, 1995) ส่วนฟอสเฟตที่ละลายน้ำนั้นเป็นปัจจัยที่ควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายในเดือนเมษายนและธันวาคม โดยในเดือนเมษายนปริมาณของฟอสเฟตที่ละลายน้ำมีน้อยจนไม่สามารถวัดได้ (น้อยกว่า 10 ไมโครกรัม/ลิตร) จึงทำให้มีแนวโน้มว่าฟอสฟอรัสอาจจะเป็นปัจจัยจำกัดในเดือนนี้ ส่วนในเดือนธันวาคมปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำและปริมาณไนเตรท สูงกว่าเดือนอื่นๆ ซึ่งอาจจะทำให้มีการเพิ่มของสาหร่ายสีเขียวในสกุล *Cladophora* และ *Stigeoclonium* (Davis *et al*., 1990 อ้างโดย Borchardt, 1996) และจากการสังเกตพบว่าบนก้อนหินในลำธารมีสาหร่ายในกลุ่มที่เป็นเส้นสายขึ้นอยู่ค่อนข้างหนาแน่น โดยสาหร่ายเหล่านี้ จะเป็นตัวบดบังแสงทำให้เบนทิคไดอะตอมได้รับแสงน้อยลง (Borchardt, 1996) จะเห็นได้ว่าในระบบนิเวศของน้ำตกโตนงาช้าง ทั้งไนเตรทและฟอสเฟตที่ละลายน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอม สอดคล้องกับการศึกษาของ Tate (1990) ซึ่งทำการศึกษาผลของสารอาหารต่อเบนทิคแอลจีในลำธารที่ไหลผ่านทุ่งหญ้าแพรรี่ (prairie) ในประเทศแคนาดา พบว่า ทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เป็นปัจจัยที่จำกัดและมีความสำคัญสำหรับแหล่งน้ำ ในขณะที่ Mosisch *et al.* (1999) ซึ่งศึกษาผลของสารอาหารต่อเบนทิคแอลจีในลำธาร ของรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย โดยในลำธารแห่งนี้มีเบนทิคไดอะตอมเป็นสาหร่ายกลุ่มเด่น พบว่าไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญของเบนทิคแอลจี และเป็นปัจจัยจำกัดของแหล่งน้ำ ในขณะที่การศึกษาของ Pan and Lowe (1994) และ Pringle and Bowers (1984) (อ้างโดย Mosisch *et al.,* 1999) ได้สรุปว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดของแหล่งน้ำ การที่ปัจจัยใดจะเป็นปัจจัยจำกัดในแหล่งน้ำนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งน้ำ และกระบวนการย่อยสลายในแหล่งน้ำนั้น เช่นแหล่งน้ำที่มีพื้นท้องน้ำ หรือพื้นที่รับน้ำประกอบด้วยแร่ฟอสเฟตน้อยก็จะทำให้ฟอสเฟตมีปริมาณน้อยและมักจะเป็นปัจจัยจำกัดของแหล่งน้ำ แต่ถ้ามีแร่ฟอสเฟตค่อนข้างมากก็จะมีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำมาก ทำให้ไนโตรเจนกลายเป็นปัจจัยจำกัดของ

แหล่งน้ำ นอกจากนี้ไนโตรเจนจะเป็นปัจจัยจำกัดในแหล่งน้ำเมื่อกระบวนการ denitrification เกิดขึ้นต่ำ (Borchardt, 1996; Allan, 1995) ส่วนซิลิเกต เป็นปัจจัยที่ควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหิน และทรายในเดือนธันวาคม และ กุมภาพันธ์ ตามลำดับ แต่ทั้งนี้ผลของซิลิเกตต่อเบนทิคไดอะตอมไม่เด่นชัด เนื่องจากตำแหน่งของเบนทิคไดอะตอมส่วนใหญ่อยู่ใกล้บริเวณจุดตัดของกราฟ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าปริมาณซิลิเกตในน้ำตกโตนงาช้างมีอย่างเพียงพอ และมีปริมาณค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี

นอกจากสารอาหารแล้ว ค่าการนำไฟฟ้า และ ความเป็น กรด – เบส ของน้ำ ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอม โดยการนำไฟฟ้า มีผลต่อการควบคุมการแพร่กระจายของเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหินในเดือนสิงหาคม และมีผลต่อเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายในเดือน มิถุนายน และสิงหาคม เบนทิคไดอะตอมส่วนใหญ่เจริญอยู่ ในบริเวณที่มีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ ส่วนความเป็นกรด – เบส มีผลต่อเบนทิคไดอะตอมที่ขึ้นบนหินในเดือนเมษายนและกุมภาพันธ์ อย่างไรก็ตามผลของการนำไฟฟ้า และความเป็นกรด – เบส ต่อเบนทิคไดอะตอมไม่เด่นชัด เนื่องจากเบนทิคไดอะตอมส่วนใหญ่มีตำแหน่งอยู่ใกล้บริเวณจุดตัดของกราฟ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางเคมีที่มีผลควบคุมความชุกชุมและการแพร่กระจายของเบนทิคแอลจี อีกหลายประการที่ไม่ได้ศึกษาในครั้งนี้ได้แก่ คาร์บอน ธาตุอาหารรอง และความเป็นด่าง (alkalinity) (Rout and Gaur, 1994; Rinke *et al.*, 2001; Genter, 1996)

นอกจาก ปัจจัยทางด้านกายภาพ และปัจจัยทางด้านเคมี ที่ได้ศึกษาในครั้งนี้แล้ว ปัจจัยด้านชีวภาพ ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการควบคุมการแพร่กระจายและควบคุมมวลชีวภาพของเบนทิคไดอะตอม (Allan, 1995; Biggs and Close, 1989) โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณสัตว์กินพืช เช่นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก และ ปลา ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศลำธารจะส่งผลให้มวลชีวภาพของเบนทิคแอลจีลดลง (Steiman, 1996; Pringle and Hamazaki, 1997) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาผลของสัตว์กินพืชต่อเบนทิคไดอะตอม