

ความหลากหลายของเบนทิกไดอะตอม และความสัมพันธ์กับปัจจัย
สิ่งแวดล้อมในบริเวณน้ำตกโตนงาช้าง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า
โตนงาช้าง จังหวัดสงขลา

วิภาวี คำมี¹ พิมพรรณ ตันสกุล² และ ยุวดี พีรพรพิศาล³

Abstract

Dumme, V.¹, Tansakul, P.¹. and Peerapornpisal, Y.².

Species diversity of benthic diatoms and its relation to environmental variables
in Ton Ngachang Waterfall, Songkhla province

Songklanakar J. Sci. Technol., 2007, 29(1) : 73-87

The species diversity of benthic diatoms and its relation to environmental variables were studied in Ton Ngachang Waterfall, Songkhla province. Epilithic and epipsammic diatoms were sampled at 5 stations from upstream (station 1, 2 and 3) to downstream (station 4 and 5) in summer (April 2004 and February 2005), early rainy season (June and August 2004) and rainy season (November and December 2004). A total

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท วท.ม.สาขาพฤกษศาสตร์ ¹M.S.(Botany) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112 ²Ph.D.(Biology) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

Corresponding e-mail: pimpan.t@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 23 ธันวาคม 2548 รับลงพิมพ์ 5 กรกฎาคม 2549

number of 15 genera, 49 species and 8 families in order Pennales were found. *Achnanthes* was the dominant genus throughout the study period with 8 species. A principal components analysis (PCA) on relative abundance revealed that *Achnanthes minutissima* Kützing and *A. lanceolata* (Brebisson) Grunow were the most abundant species of epilithic diatoms and epipsammic diatoms respectively, whereas species richness on both substrata were not significant different ($P>0.05$). Analysis of variance (ANOVA) indicated that the numbers of benthic diatom species between upstream and downstream were not significant different ($P>0.05$), while there was statistical significance ($P<0.05$) among the seasons in epilithic diatoms. Multivariate analysis of variance (MANOVA) on physico-chemical factors showed that nitrate, ortho-phosphate, silicate, BOD, conductivity and TSS were significant different ($P<0.05$) between seasons. Canonical correspondence analysis (CCA) ordination indicated that nitrate, silicate, BOD, pH, conductivity, temperature and velocity were correlated with the benthic diatom abundance.

Key words: benthic diatom, diversity, substrate, environments, Ton Ngachang water fall

¹M.S. Student in Botany ²M.S. (Botany), Assoc Prof., Department of Biology, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla, 90112 Thailand ³Ph.D.(Biology) Assoc Prof., Department of Biology, Faculty of Science, Chiangmai University, Chiangmai, 50200 Thailand.

บทคัดย่อ

วิภาวี คำมี พิมพ์พรรณ ต้นสกุล และ ยุวดี พิรพรพิศาล

ความหลากหลายชนิดของเบนทิกไดอะตอม และความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ในบริเวณน้ำตกโดนงาช้าง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโดนงาช้าง จังหวัดสงขลา

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550 29(1) : 73-87

ศึกษาความหลากหลายชนิดของเบนทิกไดอะตอมที่ขึ้นบนหิน(epilithic diatom)และไดอะตอมที่ขึ้นบนทราย(epipsammic diatom) และความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ในบริเวณน้ำตกโดนงาช้าง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโดนงาช้าง จังหวัดสงขลา ระหว่างเดือนเมษายน 2547 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2548 เก็บตัวอย่างใน 3 ฤดูกาล ฤดูกาลละ 2 ครั้ง คือ ฤดูร้อน (เมษายน 2547 และ กุมภาพันธ์ 2548) ต้นฤดูฝน (มิถุนายน และ สิงหาคม 2547) และฤดูฝน (พฤศจิกายน และ ธันวาคม 2547) จำนวน 5 สถานี โดยแบ่งเป็น 2 บริเวณคือ บริเวณต้นน้ำ (สถานีที่ 1, 2 และ 3) บริเวณปลายน้ำ (สถานีที่ 4 และ 5) พบไดอะตอมในอันดับ Pennales จำนวน 8 วงศ์ 15 สกุล 49 ชนิด โดย *Achnanthes* เป็นสกุลที่มีจำนวนชนิดมากที่สุด พบ 8 ชนิด จากการวิเคราะห์ความชุกชุมของเบนทิกไดอะตอมโดยใช้วิธี principle component analysis (PCA) พบว่า *Achnanthes minutissima* Kützing และ *A. lanceolata* (Brebisson) Grunow เป็นไดอะตอมชนิดเด่นบนวัสดุยึดเกาะที่เป็นหิน และทราย ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของชนิดเบนทิกไดอะตอมบนวัสดุยึดเกาะทั้ง 2 ชนิด จากการวิเคราะห์ analysis of variance (ANOVA) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างจำนวนชนิดของเบนทิกไดอะตอมบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างฤดูกาลที่ศึกษาในไดอะตอมที่เกาะติดก้อนหิน ส่วนปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมี พบว่า ปริมาณไนเตรท ฟอสเฟตที่ละลายน้ำ ซิลิเกต บีโอดี ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณของแข็งแขวนลอย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างฤดูกาลที่ศึกษา จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเบนทิกไดอะตอมและปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำโดยใช้วิธี canonical correspondence analysis (CCA) พบว่า ปริมาณไนเตรท ซิลิเกต บีโอดี ความเป็นกรด-เบส การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ และความเร็วของกระแสน้ำ มีความสัมพันธ์กับความชุกชุมของเบนทิกไดอะตอม

ไดอะตอมเป็นสาหร่ายขนาดเล็กอาศัยเป็นเซลล์เดี่ยวหรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม สามารถดำรงชีวิตได้ทั้งบนดิน และในน้ำ ไดอะตอมที่อาศัยอยู่ในน้ำแบ่งออกได้เป็นไดอะตอมที่ลอยลอยอยู่ในมวลน้ำ (planktonic diatom) และไดอะตอมที่เกาะติดอยู่กับวัสดุอื่น (benthic diatom) ไดอะตอมสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารเองได้และสามารถดำรงชีวิตแบบ heterotrophic ได้เช่นเดียวกันโดยอาศัยแหล่งพลังงานจากสารอินทรีย์ในน้ำ (Lee, 1989) ไดอะตอมที่เกาะติดอยู่กับวัสดุอื่นหรือเบนทิกไดอะตอมนั้นมีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้ผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำโดยเฉพาะในระบบนิเวศของแหล่งน้ำไหล (Mullner and Schagerl, 2003) โดยเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ (Allan, 1995) นอกจากนี้เบนทิกไดอะตอมสามารถนำไปใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของน้ำ เช่น ปริมาณสารอาหาร สภาพแวดล้อม การปนเปื้อนของโลหะหนัก (Kelly, 2003; Ivorra *et al.*, 2002; Vis *et al.*, 1998) ในระบบนิเวศของแหล่งน้ำไหลความเร็วของกระแสน้ำมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการกำหนดประชากรของสิ่งมีชีวิตรวมทั้งเบนทิกไดอะตอม (Allan, 1995) นอกจากความเร็วของกระแสน้ำแล้ว ขนาดและชนิดของวัสดุที่เกาะก็เป็นปัจจัยสำคัญต่อความชุกชุมและการแพร่กระจายของเบนทิกไมโครแอลจี (Cattaneo, 1997)

ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับเบนทิกไดอะตอมยังมีอยู่น้อยโดยเฉพาะการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเบนทิกไดอะตอมกับสิ่งแวดล้อม (Kelly, 2003) ในประเทศไทย การศึกษาเกี่ยวกับสาหร่ายมักเน้นไปทางด้านกลุ่มที่เป็นแพลงก์ตอนในระบบนิเวศทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ ส่วนระบบนิเวศของลำธารนั้นสาหร่ายกลุ่มที่มีความสำคัญคือกลุ่มเบนทิก ซึ่งมีการศึกษากันน้อย งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นของต่างประเทศ (Pekthong and Peerapornpisal, 2001) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของเบนทิกไดอะตอมบนวัสดุที่เกาะ 2 ชนิดที่แตกต่างกัน ในบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำของน้ำตกโตนงาช้าง รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเบนทิกไดอะตอมกับคุณภาพน้ำซึ่งสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนและจัดการระบบนิเวศของน้ำตกโตนงาช้างหรือน้ำตกอื่นๆได้ในอนาคต

สถานที่ศึกษา

น้ำตกโตนงาช้าง ประกอบด้วยน้ำตกทั้งหมด 7 ชั้น ตั้งอยู่ในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง จังหวัดสงขลา (Figure 1) มีพื้นที่รวม 113,750 ไร่ ลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนของเทือกเขาบรรทัด สภาพป่ามีความอุดมสมบูรณ์ จากลักษณะภูมิประเทศที่สลับซับซ้อนและลดหลั่นของพื้นที่ทำให้เกิดน้ำตกที่มีความสวยงามและเป็นที่ยุติกันทั่วไป เช่น น้ำตกโตนงาช้าง น้ำตกโตนปลิว น้ำตกบริพัตร เป็นต้น สภาพภูมิอากาศในบริเวณนี้มีลักษณะอากาศแบบคาบสมุทรม ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ที่พัดพาเอาความชื้นจากทะเลอันดามัน ทำให้มีฝนตกชุกและอากาศชุ่มชื้น และยังได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดพาเอาความหนาวเย็นและไอน้ำจากอ่าวไทยมาสู่พื้นที่ ลักษณะเช่นนี้ทำให้มีฤดูกาลชัดเจน 2 ฤดูกาลคือ ฤดูฝน ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคม โดยเฉพาะในเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม จะเป็นช่วงที่ฝนตกชุกที่สุด และฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนเมษายน (กรมป่าไม้, ม.ป.ป.) ในปัจจุบันน้ำตกโตนงาช้างเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงของจังหวัดสงขลา ในแต่ละปีมีนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก



Figure 1. Study sites

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

1. การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างบริเวณน้ำตกโตนงาช้าง 5 สถานีแบ่งเป็น 2 บริเวณคือบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำ จำนวน 5 สถานี (Figure 1) โดยสถานีที่ 1 ($6^{\circ}56.737' N$, $100^{\circ}13.778' E$), 2 ($6^{\circ}56.773' N$, $100^{\circ}13.778' E$) และ 3 ($6^{\circ}56.719' N$, $100^{\circ}13.629' E$) จัดเป็นบริเวณต้นน้ำ มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 448 ถึง 453 เมตร มีการรบกวนจากนักท่องเที่ยวสถานีที่ 4 ($6^{\circ}56.826' N$, $100^{\circ}13.968' E$) และ 5 ($6^{\circ}56.906' N$, $100^{\circ}14.30' E$) เป็นบริเวณปลายน้ำ มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 33 ถึง 129 เมตร และเป็นบริเวณที่นักท่องเที่ยวนิยมมาเล่นน้ำ มีการปนเปื้อนของสบู่และยาสระผม รวมทั้งมีการเหยียบย่ำพื้นทราย มากกว่าบริเวณต้นน้ำ

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 การเก็บตัวอย่างเบenthic ไดอะตอม

เก็บตัวอย่างเบenthic ไดอะตอมพร้อมทั้งวัดความเร็วของกระแสน้ำใน 3 ฤดู ฤดูละ 2 ครั้ง คือ ฤดูร้อน (เดือนเมษายน 2547 และ กุมภาพันธ์ 2548) ฤดูฝน (เดือนมิถุนายน และ สิงหาคม 2547) และฤดูหนาว (เดือนตุลาคม และ ธันวาคม 2547) รวมทั้งสิ้น 6 ครั้ง เก็บตัวอย่างเบenthic ไดอะตอมที่ขึ้นบนหินโดยเลือกเก็บก้อนหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.2-25.6 ซม. ในแต่ละสถานีจำนวน 9 ก้อน ใช้แผ่นพลาสติกซึ่งเจาะช่องขนาด 9 ตร.ซม. วางทับด้านบนของก้อนหินและใช้แปรงสีฟัน แปรงตัวอย่างไดอะตอม ฉีดล้างตัวอย่างไดอะตอมที่ติดบนแปรงใส่ขวดเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Rott และ คณะ (1997) ส่วนตัวอย่างที่ขึ้นบนทรายวิธีเก็บตัวอย่างดัดแปลงจาก Romani และ Sabater (2001) เก็บตัวอย่างด้วยการใช้ท่อพลาสติกที่มีพื้นที่หน้าตัด 9 ตร.ซม. ปักบนพื้นทรายลึก 1-2 ซม. สอดแผ่นพลาสติกลงไปด้านล่างของท่อ นำทรายใส่ขวดเก็บตัวอย่างเก็บตัวอย่างสถานีละ 9 ซ้ำ เก็บรักษาตัวอย่างโดยปรับความเข้มข้นสุดท้ายของตัวอย่างให้มีความเข้มข้นของฟอร์มอลิน 3%

2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณผิวสถานีละ 1 ลิตรจำนวน 3

ซ้ำ โดยใช้ขวดโพลีเอทิลีน เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ปริมาณของแข็งแขวนลอย (total suspended solid - TSS) และปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ไปในเวลา 5 วัน (biochemical oxygen demand - BOD_5) ในห้องปฏิบัติการ ส่วนการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen-DO) โดยใช้ขวดบีโอดีความจุ 300 มล. เติมน้ำละลายแมงกานีสซัลเฟต และ สารละลายอัลคาไลน์ไอโอดีต์ อย่างละ 1 มล. ตามลำดับ ปิดจุกขวด คว่ำขวดขึ้นลง และนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ขณะเก็บตัวอย่างน้ำในทุกสถานีวัดความเป็นกรดเบสของน้ำโดยใช้เครื่องวัดพีเอชรุ่น pHScan3+วัดค่าการนำไฟฟ้าโดยใช้เครื่องmultiprobe meter รุ่น YSI 30/10 FT วัดอุณหภูมิน้ำโดยเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลรุ่น ID1090 วัดความลึกของน้ำโดยใช้ไม้และสายวัดวัดความเร็วกระแสน้ำโดยใช้แท่งพลาสติกตัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. ยาว 15 ซม. น้ำหนักประมาณ 200 กรัม ผูกเชือกความยาว 3 เมตร ปลอยเชือกให้แท่งพลาสติกลอยไปตามกระแสน้ำจนหมดความยาวเชือก จับเวลาตั้งแต่เริ่มปลอยจนสุดความยาวเชือก ทำซ้ำ 5 ครั้งและนำมาหาค่าเฉลี่ยซึ่งเป็นวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Hauer และ Lamberti (1996)

3. การวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ตัวอย่างเบenthic ไดอะตอมโดยนำตัวอย่างมาปั่นเพื่อแยกตะกอนหนักและอนุภาคที่ปะปนออก โดยนำไปปั่นที่ความเร็ว 2500- 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที ดูดเอาส่วนสีน้ำตาลที่อยู่ระหว่างตะกอนหนักและส่วนใสด้านบนนำไปผ่านกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์โดยนำไปต้มกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นเวลา 15 - 30 นาที นำตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดสารอินทรีย์มาล้างด้วยน้ำกลั่นโดยนำไปปั่นที่ความเร็ว 2500 - 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที ทำซ้ำหลายๆครั้ง จนกว่าความเป็นกรดหมดไป ตัวอย่างไดอะตอมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว นำไปเตรียมเป็นสไลด์ถาวร โดยใช้ Naphrax เป็น mounting media จำแนกชนิดไดอะตอมตามหลักการจำแนกของ Krammer และ Lang-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b) และ Barter และ Carter (1996) เป็นต้น

วิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในน้ำตามวิธีการของ

APHA, AWWA และ WEF (1998) โดยวิเคราะห์ปริมาณ ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (orthophosphate) ด้วย ascorbic acid method ปริมาณซิลิเกตด้วย molybdosilicate method ไนไตรท์ (NO₂) ด้วย colorimetric method วิเคราะห์ปริมาณ ไนเตรท (NO₃) ด้วยการนำน้ำตัวอย่างไปผ่าน cadmium reduction column และ นำมาวิเคราะห์ ด้วย colorimetric method วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃) ด้วย phenate method วิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำด้วย iodometric titration method วิเคราะห์ปริมาณ BOD₅ ด้วย iodometric titration method วัดปริมาณของแข็งแขวนลอยโดยนำน้ำตัวอย่าง ปริมาตร 1 ลิตร มากรองด้วยกระดาษ GF/C และนำไป อบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วางไว้ให้อุณหภูมิลดในโถดูดความชื้น และนำมาชั่งน้ำหนัก

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์หาความชุกชุมของเบนทิกไดอะตอม ด้วยวิธี principal component analysis (PCA) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเบนทิกไดอะตอมกับปัจจัยทางกายภาพ และเคมีของน้ำด้วยวิธี canonical correspondence analysis (CCA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Multivariate Statistical Package (MVSP) version 3.0 ของ Kovach Com-

puting Service เปรียบเทียบจำนวนชนิดของเบนทิกไดอะตอมแต่ละกลุ่ม ในแต่ละบริเวณ และ ฤดูกาล ด้วยวิธี analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมี ในแต่ละบริเวณที่เก็บตัวอย่าง และในแต่ละฤดูกาล โดยวิธี multivariate analysis of variance (MANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.5

ผลการศึกษา

1. เบนทิกไดอะตอม

จากการศึกษาพบไดอะตอมในอันดับ Pennales จำนวน 8 วงศ์ 15 สกุล 49 ชนิด (Table 1) โดยสกุล *Achnanthes* มีความหลากหลายมากที่สุดพบ 8 ชนิด รองลงมาคือ *Navicula* พบ 7 ชนิด *Gomphonema*, *Surirella* และ *Cymbella* พบสกุลละ 4 ชนิด ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างระหว่างชนิดบนวัสดุยึดเกาะทั้ง 2 ชนิด แต่เมื่อพิจารณาไดอะตอมชนิดเด่นในแต่ละวัสดุยึดเกาะในแต่ละฤดูกาล และแต่ละบริเวณที่เก็บตัวอย่าง พบว่ามีชนิดเด่นแตกต่างกัน โดยบนวัสดุยึดเกาะที่เป็นหิน (epilithic diatom) ในบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำ มี *Achnanthes minutissima* Kützing เป็นไดอะตอมชนิดเด่น ทั้งในฤดูร้อน ต้นฤดูฝน และฤดูฝน

Table 1. Species list of benthic diatoms in each zone and season at Ton Ngachang Waterfall from April 2004 to February 2005

Taxon	Taxon code	Zones					
		Upstream			Downstream		
		Su	ER	Ra	Su	ER	Ra
Achnantheaceae (9 spp.)							
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh	1	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Achnanthes crenulata</i> Grunow	2	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Achnanthes laevis</i> Oestrup	3	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brebisson) Grunow	4	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	5	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	6	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Achnanthes undata</i> Meister	7	sr	sr	sr	sr	sr	sr

Table 1. (Cont.)

Taxon	Taxon code	Zones					
		Upstream			Downstream		
		Su	ER	Ra	Su	ER	Ra
<i>Achnanthes</i> sp.1	8	sr	sr	s	sr	s	sr
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	9	sr	sr	sr	sr	sr	sr
Bacillaceae (2 spp.)							
<i>Nitzschia</i> sp.1	10	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Nitzschia</i> sp.2	11	sr	sr	sr	sr	sr	sr
Cymbellaceae (10 spp.)							
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	12	r	sr	-	sr	sr	-
<i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh	13	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Cymbella mesiana</i> Cholnoky	14	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Cymbella tumida</i> (Brebisson) Van Heurck	15	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Cymbella turgidula</i> Grunow	16	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Encytonema javanicum</i> (Hustedt) D.G.Mann	17	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Encytonema</i> sp.	18	-	-	-	-	sr	s
<i>Gomphonema affine</i> Kützing	19	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	20	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	21	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	22	sr	sr	sr	sr	sr	sr
Eunotiaceae (2 sp.)							
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg	23	sr	s	s	sr	sr	s
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg	24	sr	sr	sr	sr	sr	s
Fragilariaceae (4 spp.)							
<i>Fragilaria</i> sp.	25	sr	r	r	sr	sr	sr
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	26	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lang-Bertalot	27	sr	sr	sr	sr	sr	s
<i>Synedra ulna</i> Kützing	28	sr	sr	sr	sr	sr	sr
Naviculaceae (17 spp.)							
<i>Caloneis bacillum</i> Grunow	29	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Diploneis</i> sp. 1	30	-	s	s	s	-	sr
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	31	sr	sr	sr	sr	r	s
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	32	sr	s	s	-	sr	sr
<i>Navicula</i> sp.	33	r	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	34	sr	sr	sr	sr	sr	s
<i>Navicula lanceolata</i> C. Agardh	35	sr	sr	sr	sr	sr	sr

Table 1. (Con.)

Taxon	Taxon code	Zones					
		Upstream			Downstream		
		Su	ER	Ra	Su	ER	Ra
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	36	-	s	s	-	s	s
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	37	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Navicula pupula</i> Kützing	38	sr	sr	s	s	sr	sr
<i>Navicula pupula</i> var. <i>mutata</i> (Krasske) Hustedt	39	ssr	s	s	sr	-	s
<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregroy	40	-	r	s	-	s	s
<i>Pinnularia maior</i> (Kützing) Rabenhorst	41	sr	s	-	sr	s	-
<i>Pinnularia similis</i> Hustedt	42	s	sr	s	sr	sr	s
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	43	s	s	sr	s	s	r
<i>Stauroneis</i> sp. 1	44	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Stauroneis</i> sp. 2	45	sr	sr	sr	sr	sr	sr
Rhopalodiaceae (1 sp.)							
<i>Epithemia cystula</i> (Ehrenberg) Ralfs	46	sr	r	s	sr	sr	s
Surirellaceae (3 spp.)							
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	47	sr	sr	s	sr	sr	s
<i>Surirella linearis</i> W. Smith	48	sr	sr	sr	sr	sr	sr
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	49	r	s	sr	sr	s	s

Su = Summer; ER = Early Rain; Ra = Rain; s = found in sand; r = found in rock; - = not found

ยกเว้นในบริเวณปลายน้ำของฤดูร้อนมี *Gomphonema angustatum* (Kützing) Rabenhorst เป็นชนิดเด่น ส่วนบนวัสดุยึดเกาะที่เป็นทราย มี *A. lanceolata* (Brebisson) Grunow เป็นชนิดเด่นทั้งในบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำของทุกฤดูกาลยกเว้นในบริเวณปลายน้ำของฤดูฝนมี *Encytonema javanicum* (Hustedt) D.G.Mann เป็นชนิดเด่นเมื่อพิจารณาจำนวนชนิดของไดอะตอมทั้ง 2 กลุ่ม ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาพบว่า ไดอะตอมที่ขึ้นบนหินนั้นมีจำนวนแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีจำนวนชนิดสูงสุดใน บริเวณต้นน้ำ ของฤดูร้อน คือ 43 ชนิด และจำนวนชนิดลดลงเมื่อเข้าสู่หน้าฝน โดยมีจำนวนชนิดน้อยที่สุดในบริเวณปลายน้ำของฤดูฝนพบ 35 ชนิด สำหรับไดอะตอมที่ขึ้นบนทรายมีจำนวนชนิดในแต่ละฤดูกาล

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบจำนวนชนิดมากที่สุดในบริเวณปลายน้ำ ของต้นฤดูฝนและฤดูฝนพบ 46 ชนิด และพบน้อยที่สุดบริเวณต้นน้ำของฤดูร้อน พบ 42 ชนิด (Table 2.) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ของจำนวนชนิดไดอะตอม บนวัสดุยึดเกาะทั้ง 2 ชนิด

2. ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีในบริเวณน้ำตกโดนงาช้างระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2547 ถึงเดือนเมษายน 2548 พบว่าแต่ละปัจจัยที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง บริเวณต้นน้ำและปลายน้ำ แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละฤดูกาลแล้วพบว่า

Table 2. Average physico-chemical data and number of benthic diatoms at Ton Ngachang Waterfall from April 2004 to February 2005.

Variables	Station					
	Upstream			Downstream		
	Summer	Early Rain	Rain	Summer	Early Rain	Rain
Orthophosphate (μ g/l)	nd	nd	13.63 \pm 1.365	nd	nd	15.53 \pm 4.028
Nitrite (mg/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Nitrate (mg/l)	1.13 \pm 0.096	0.10 \pm 0.012	0.16 \pm 0.000	1.58 \pm 0.429	0.09 \pm 0.010	0.17 \pm 0.000
Ammonia (μ g/l)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Silicate (mg/l)	0.39 \pm 0.002	0.21 \pm 0.013	0.26 \pm 0.009	0.36 \pm 0.005	0.20 \pm 0.012	0.27 \pm 0.056
Dissolved Oxygen (mg/l)	7.75 \pm 0.152	7.99 \pm 0.127	7.21 \pm 0.099	7.36 \pm 0.463	7.13 \pm 0.079	6.84 \pm 0.38
Biochemical Oxygen Demand (mg/l)	1.27 \pm 0.099	0.27 \pm 0.087	0.15 \pm 0.031	1.32 \pm 0.181	0.26 \pm 0.038	0.17 \pm 0.022
Depth (m)	0.41 \pm 0.055	0.38 \pm 0.057	0.58 \pm 0.095	0.38 \pm 0.113	0.37 \pm 0.155	0.44 \pm 0.105
Velocity (m/s)	0.26 \pm 0.094	0.41 \pm 0.313	0.64 \pm 0.135	0.23 \pm 0.002	0.23 \pm 0.230	0.45 \pm 0.210
pH	7.55 \pm 0.009	7.58 \pm 0.031	7.54 \pm 0.023	7.56 \pm 0.122	7.54 \pm 0.000	7.70 \pm 0.155
Temperature ($^{\circ}$ C)	23.80 \pm 0.328	24.34 \pm 0.200	22.67 \pm 0.225	23.65 \pm 0.765	23.66 \pm 0.490	24.33 \pm 1.125
Conductivity (μ S/cm)	38.00 \pm 0.495	33.67 \pm 0.850	33.98 \pm 5.420	39.10 \pm 0.750	33.75 \pm 0.250	30.97 \pm 0.675
Total Suspended Solid (mg/l)	3.93 \pm 0.412	1.95 \pm 0.108	2.15 \pm 0.540	3.38 \pm 0.125	1.65 \pm 0.100	2.05 \pm 0.600
Epilithic diatom (no. of species)	43	41	35	42	41	33
Epipsammic diatom (no. of species)	42	45	45	45	46	46

nd = not detected

ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีบางประการได้แก่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ปริมาณไนเตรท ปริมาณซิลิเกต การนำไฟฟ้า และ ปริมาณของแข็งแขวนลอย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนมีปริมาณน้อยจนไม่สามารถวัดได้ด้วย ascorbic acid method (น้อยกว่า 10 ไมโครกรัม/ลิตร) ส่วนในฤดูฝนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ 13.63 ไมโครกรัม/ลิตร และ 15.53 ไมโครกรัม/ลิตร ในบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำ ตามลำดับ สำหรับปริมาณไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ นั้นปริมาณไนไตรต์ และแอมโมเนีย ไม่สามารถวัดได้ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา (น้อยกว่า 10 ไมโครกรัม/ลิตร) ส่วนปริมาณไนเตรทพบสูงสุดบริเวณปลายน้ำในฤดูร้อน 1.58 มก./ลิตร และพบต่ำสุดบริเวณปลายน้ำในต้นฤดูฝน 0.09 มก./ลิตร ปริมาณ

ซิลิเกตมีค่าสูงสุด 0.39 มก./ลิตร ในบริเวณต้นน้ำของฤดูร้อน ปริมาณ BOD วัดได้สูงสุดในฤดูร้อน บริเวณปลายน้ำมีค่า 1.32 มก./ลิตร ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงสุด 39.10 ไมโครซีเมนส์/ซม. ในบริเวณปลายน้ำของฤดูร้อน ปริมาณของแข็งแขวนลอย มีค่าสูงสุดในบริเวณ ต้นน้ำของฤดูร้อน และต่ำสุดบริเวณปลายน้ำในต้นฤดูฝน มีค่า 3.93 มก./ลิตร และ 1.65 มก./ลิตร ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส ความเร็วของกระแสและปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามความเร็วของกระแสจะเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าฤดูฝนและ ความเร็วบริเวณต้นน้ำมีค่าสูงกว่าปลายน้ำโดยมีค่าสูงสุดในบริเวณต้นน้ำของฤดูฝนวัดได้ 0.64 เมตร/วินาที (Table 2.)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างเบนทิกไดอะตอมกับปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำ

จากการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชุกชุมของเบนทิกไดอะตอมในแต่ละฤดูกาล โดยใช้วิธี CCA พบว่า ปริมาณไนเตรท ซิลิเกต บีโอดี ความเป็นกรด-เบส การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ และความเร็วของกระแส น้ำ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อเบนทิกไดอะตอม โดยในฤดูร้อนปัจจัยที่มีผลมากที่สุดคือการนำไฟฟ้า (axis 1 = -0.62, axis 2 = -0.22) ความเร็วกระแส น้ำ (axis 1 = 0.59, axis 2 = 0.56) บีโอดี (axis 1 = 0.23, axis 2 = -0.11) และซิลิเกต (axis 1 = 0.14, axis 2 = -0.47 ตามลำดับ แกนที่ 1 และ 2 แสดงผลรวม 76.90% ในฤดูร้อนเบนทิกไดอะตอมส่วนใหญ่เจริญได้ดีในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของกระแสน้ำน้อย ไดอะตอมที่มีความชุกชุมในกระแสน้ำค่อนข้างแรง ได้แก่ *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni (Figure 4 A) ในต้นฤดูฝน ความเร็วกระแส น้ำ (axis 1 = 0.69, axis 2 = 0.07) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (axis 1 = -0.65, axis 2 = 0.27) อุณหภูมิ (axis 1 = 0.27, axis 2 = 0.55) และความเป็นกรด-เบส (axis 1 = -0.26, axis 2 = 0.90) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชุกชุมของเบนทิกไดอะตอม แกนทั้งสองแสดงผลรวม 76.98% โดยในต้นฤดูฝน เบนทิกไดอะตอมสามารถเจริญได้ดีในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของความเร็วกระแส น้ำ และปริมาณของแข็งแขวนลอยต่ำ (Figure 4 B) ส่วนในฤดูฝนปัจจัยที่มีผลได้แก่ ไนเตรท (axis 1 = 0.66, axis 2 = 0.715) การนำไฟฟ้า (axis 1 = -0.61, axis 2 = -0.02) ของแข็งแขวนลอย (axis 1 = -0.46, axis 2 = 0.54) และ ซิลิเกต (axis 1 = 0.38, axis 2 = -0.52) แกนที่ 1 และ 2 แสดงผลรวม 74.47% ในฤดูฝน ปัจจัยสำคัญในการควบคุมความชุกชุมของเบนทิกไดอะตอมคือการนำไฟฟ้า และปริมาณไนเตรท โดย *Navicula rhynchocephala* Kützing เป็นไดอะตอมที่มีความชุกชุมสูงเมื่อมีปริมาณไนเตรทสูง ส่วน *Pinnularia similis* Hustedt และ *Surirella robusta* Ehrenberg จะมีความชุกชุมสูงเมื่อการนำไฟฟ้าสูง (Figure 4C) จากการศึกษาในครั้งนี้ไม่พบปัจจัยเด่นชัดในการควบคุมความชุกชุมของ *A.minutissima* Kützing และ *A.lanceolata* (Brebisson) Grunow ซึ่งเป็นไดอะตอมชนิดเด่นในบริเวณนี้

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้พบเบนทิกไดอะตอม 49 ชนิด จากการเก็บตัวอย่างเบนทิกไดอะตอมในวัสดุยึดเกาะ 2 ชนิดคือ ก้อนหินและพื้นทราย ไดอะตอมที่เป็นชนิดเด่นบนวัสดุยึดเกาะที่เป็นหินได้แก่ *Achnanthes minutissima* Kützing ยึดเกาะกับพื้นผิวโดยการไชร่าฟี (raphe) มีการขับเมือกมาสร้างก้านสั้นๆ ตรงบริเวณใกล้ปลายเซลล์ (sub apical) และวางตัวในลักษณะคว่ำลงกับพื้น การวางตัวในลักษณะนี้ทำให้ลดพื้นที่ในการปะทะกับกระแสน้ำ ซึ่งทำให้ *Achnanthes minutissima* Kützing มีความหนาแน่นสูง และประสบความสำเร็จในการอาศัยอยู่บริเวณที่กระแสน้ำไหลแรง (Peterson, 1996; Mullner and Schagerl, 2003; Biggs and Smith, 2002; Passy, 2001) เช่น บริเวณน้ำตก โตนงาข้างส่วน *Achnanthes lanceolata* (Brebisson) เป็นไดอะตอมชนิดเด่นบนพื้นทรายยึดเกาะกับเม็ดทรายโดยใช้ราฟีเกาะกับเม็ดทรายโดยตรง (prostrate form) มักจะพบอยู่บริเวณรอยแตกของเม็ดทราย ซึ่งทำให้สามารถลดการชะโดยกระแสน้ำเมื่อเม็ดทรายถูกพัดพา (Biggs, 1996) และพบไดอะตอมชนิดเด่น บนวัสดุยึดเกาะทั้ง 2 ชนิดเป็นไดอะตอมที่มีขนาดเล็ก เกาะติดกับวัสดุโดยตรงหรือขับเมือกมาสร้างก้านสั้นๆ เช่น *Achnanthes lanceolata* (Brebisson) Grunow, *A. minutissima* Kützing, *A. oblongella* Oestrup, *G. angustatum* (Kützing) Rabenhorst และ *A. laevis* Oestrup ซึ่งนอกจากสามารถยึดเกาะกับวัสดุได้อย่างแข็งแรงแล้วยังสามารถป้องกันการครูดกิน (grazing) จากสัตว์กินพืชได้เป็นอย่างดี (Steinman and McIntire, 1990)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิดของเบนทิกไดอะตอมในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษา และในแต่ละฤดูกาล พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างจำนวนชนิด ระหว่างบริเวณต้นน้ำและปลายน้ำ แต่เมื่อพิจารณาจำนวนชนิดของเบนทิกไดอะตอมในแต่ละฤดูกาล พบจำนวนชนิดของเบนทิกไดอะตอมที่ขึ้นบนหินมีจำนวนชนิดแตกต่างกันในฤดูร้อน และฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยจำนวนชนิดลดลงเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำ โดยเฉพาะปริมาณสารอาหารที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และ ความเร็ว

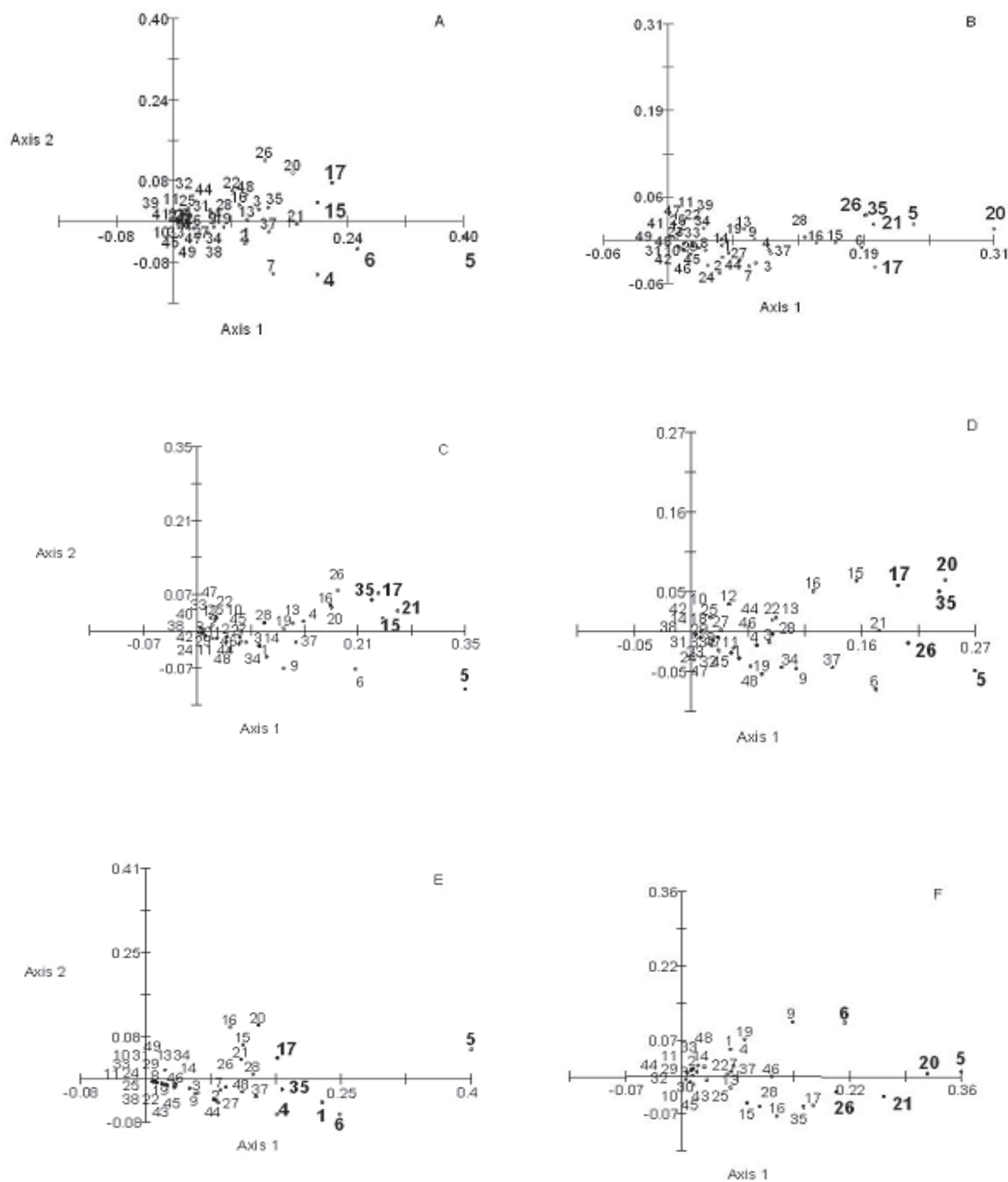


Figure 2. PCA of epilithic diatom at Ton Ngachang Waterfall from April 2004 to February 2005.

Numbers corresponding to species codes are listed in Table 1.

(A = upstream in summer, B = downstream in summer, C = upstream in early rain,

D = downstream in early rain, E = upstream in rain, F = downstream in rain)

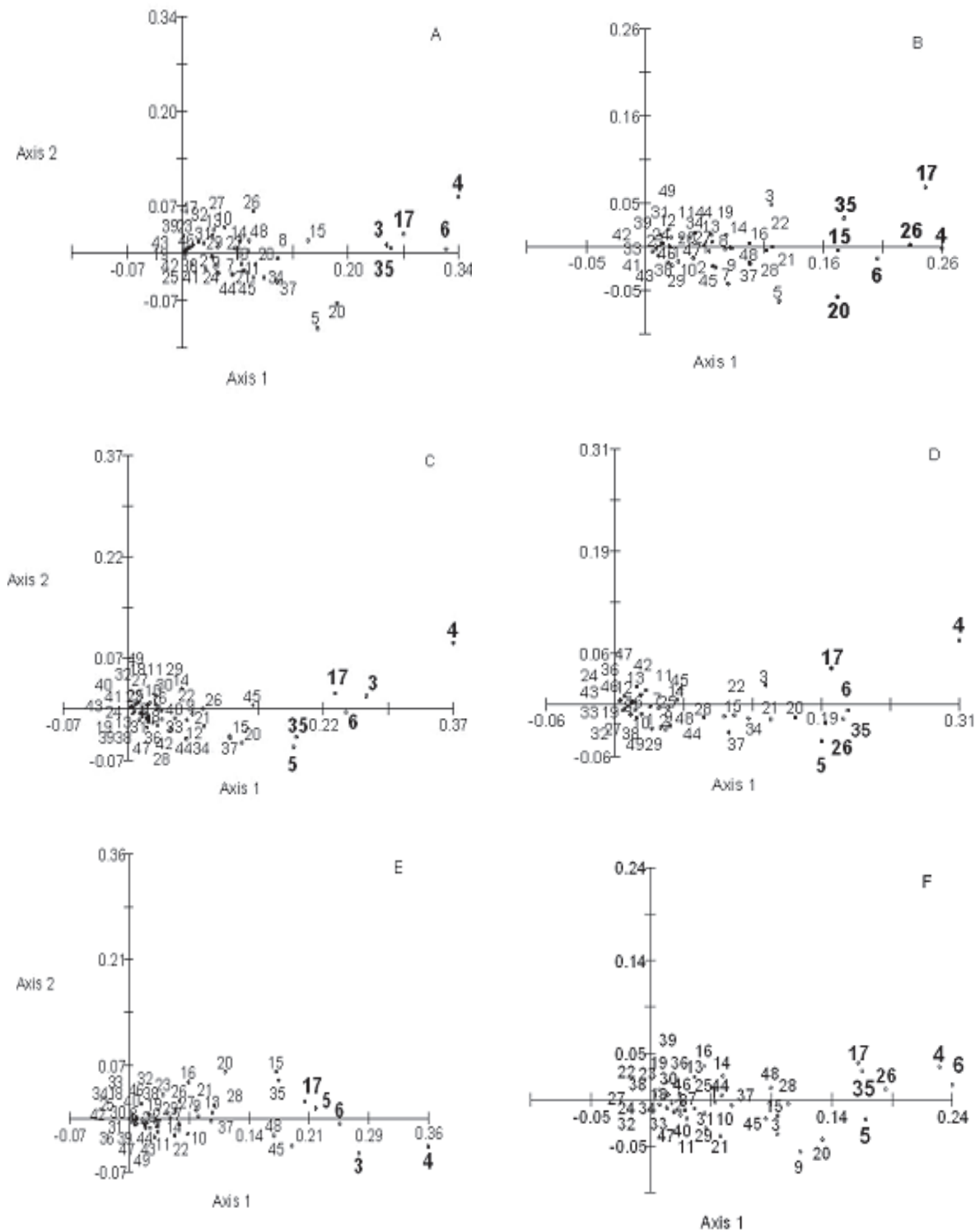


Figure 3. PCA of epipsammic diatom at Ton Ngachang Waterfall from April 2004 to February 2005. Numbers corresponding to species codes are listed in Table 1.
(A = upstream in summer, B = downstream in summer, C = upstream in early rain, D = downstream in early rain, E = upstream in rain, F = downstream in rain)

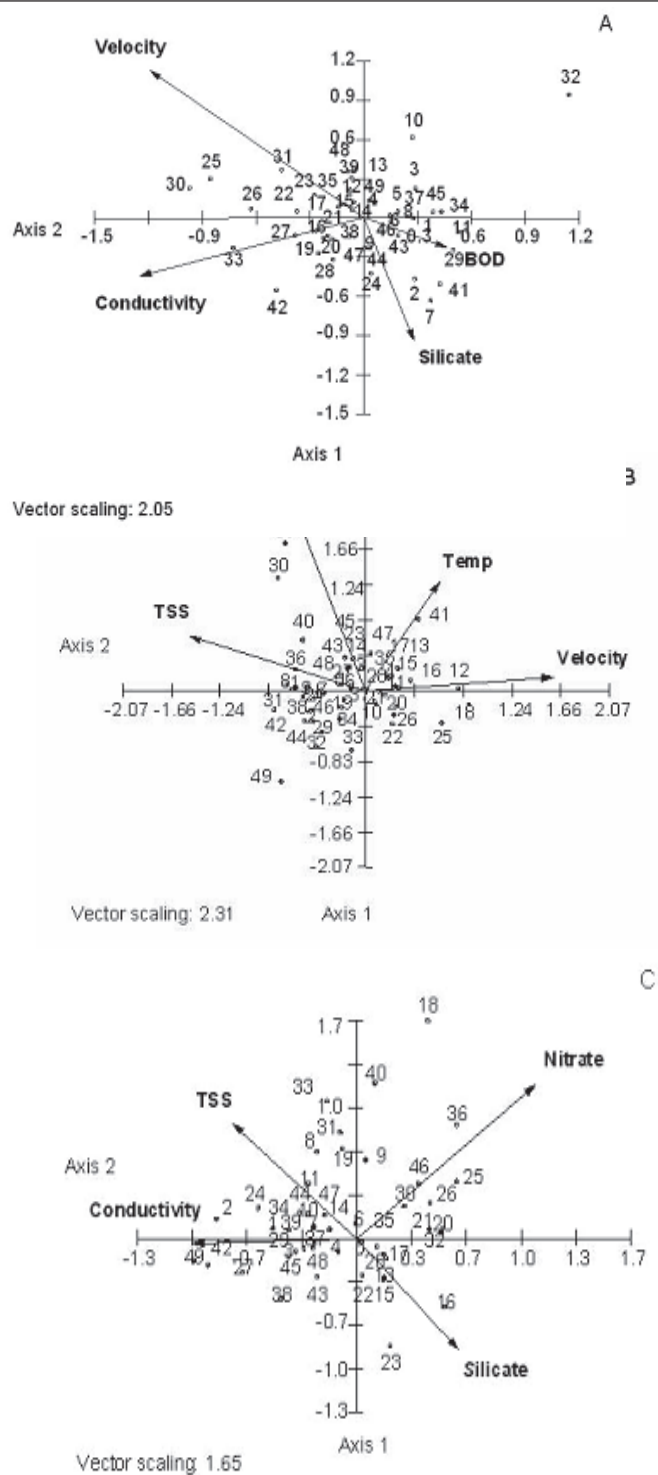


Figure 4. CCA on relative abundance of benthic diatom and physico-chemical parameters at Ton Ngachang Waterfall from April 2004 to February 2005. Numbers corresponding to species codes are listed in Table 1. (A = Summer, B = Early rain, C = Rain)

ของกระแสน้ำที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ในขณะที่จำนวนชนิดของไคอะตอมที่ขึ้นบนทรายมีการเปลี่ยนแปลงน้อย อาจเป็นเพราะไคอะตอมที่ขึ้นบนหิน เมื่อถึงช่วงฤดูฝน กระแสน้ำแรงขึ้น ทำให้เบนทิกไคอะตอมถูกกระแสน้ำชะออกมาขึ้น ส่วนเบนทิกไคอะตอมที่ขึ้นบนทราย นอกจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีแล้ว ความหลากหลายของเบนทิกไคอะตอมยังขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งของพื้นที่ทรายภายในลำธารนั้นอีกด้วย (Passy, 2001) โดยครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างไคอะตอมจากพื้นที่ทรายในบริเวณแอ่งน้ำแคบๆ ระหว่างก้อนหิน ซึ่งมีความลึกกว่าบริเวณก้อนหิน ทำให้บริเวณนี้มีการรบกวนจากความแรงของกระแสน้ำน้อยกว่าบริเวณก้อนหินซึ่งมีการปะทะกับกระแสน้ำโดยตรง นอกจากนี้เม็ดทรายและเซลล์ไคอะตอมที่ถูกพัดพาโดยกระแสน้ำอาจจะตกลงอยู่ในแอ่งส่งผลให้ชนิดและปริมาณของไคอะตอมที่ขึ้นบนทรายมีเพิ่มขึ้น

คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบริเวณน้ำตกโดนงาข้าง พบว่าเป็นแหล่งต้นน้ำที่มีคุณภาพดี ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดิน สามารถจัดน้ำตกโดนงาข้างเป็นแหล่งน้ำประเภท 1 คือเป็นแหล่งน้ำ เพื่อการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน เพื่อการอนุรักษ์ และใช้อุปโภคบริโภค (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ ของน้ำตกโดนงาข้างจากการศึกษาครั้งนี้ กับการศึกษาของ พรศิลป์ ผลพันธ์ และพิมพ์พรณ ต้นสกุล (ติดต่อส่วนตัว) ซึ่งทำการศึกษาระหว่างเดือนเมษายน 2546 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2547 ก่อนการศึกษาครั้งนี้ 1 ปีพบว่า ในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณไนเตรท (1.36มก./ลิตร) ฟอสเฟต (14.58 ไมโครกรัม/ลิตร) และ ซิลิเกต (0.38 มก./ลิตร) มีค่าสูงกว่า การศึกษาในช่วงเวลาเดียวกันของการศึกษาในปี 2546 (0.12 มก./ลิตร, 11.5 ไมโครกรัม/ลิตร และ 0.25มก./ลิตร ตามลำดับ) ส่วนปัจจัยอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งจะเห็นได้ว่า อาจจะมีการปนเปื้อนของสารอาหารในบริเวณน้ำตกโดนงาข้างเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในน้ำตกโดนงาข้างกับลำน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าน้ำในลำน้ำแม่สา มีปริมาณสารอาหารสูงกว่า โดยลำน้ำแม่สา มีปริมาณไนเตรทสูงกว่า 6 เท่า (9.635 มก./ลิตร) ปริมาณฟอสเฟตสูงกว่า 136 เท่า (2,040 ไมโครกรัม/ลิตร) และซิลิเกตสูงกว่า

กว่า 1.4 เท่า (0.56 มก./ลิตร) (Pekthong, 2002) ทั้งนี้เป็นเพราะพื้นที่รับน้ำของลำน้ำแม่สา ประกอบด้วยแหล่งชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรม จึงอาจจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีและธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำ ส่วนในบริเวณน้ำตกโดนงาข้างนั้นพื้นที่รับน้ำจัดเป็นป่าสมบูรณ์ (กรมป่าไม้, ม.ป.ป.) เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิดของเบนทิกไคอะตอมระหว่างบริเวณน้ำตกโดนงาข้าง กับน้ำตกแม่สา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของลำน้ำแม่สาพบว่า น้ำตกโดนงาข้างมีความหลากหลายของเบนทิกไคอะตอม (49 ชนิด) มากกว่าน้ำตกแม่สา ซึ่งพบเพียง 19 ชนิดเท่านั้น (Peerapornpisal *et al.*, 2000)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเบนทิกไคอะตอมกับปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำด้วยวิธี CCA พบว่าปริมาณไนเตรท ซิลิเกต บีโอดี ความเป็นกรด-เบส การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ และความเร็วของกระแสน้ำ เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความชุกชุมของเบนทิกไคอะตอม โดยความเร็วกระแสน้ำเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงความชุกชุมของเบนทิกไคอะตอม สอดคล้องกับข้อสรุปของ Passy (2001) ซึ่งทำการศึกษความหลากหลายของเบนทิกไคอะตอม ในลำธาร White Creek (Washington Country, New York) ได้สรุปว่าความเร็วของกระแสน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการกำหนดประชาคมของเบนทิกแอลจี โดยความเร็วของกระแสน้ำจะเป็นตัวกำหนดลักษณะของพื้นที่ท้องน้ำ (Ghosh and Gaur, 1998) ซึ่งลักษณะของพื้นที่ท้องน้ำที่ต่างกันส่งผลให้ประชาคมของเบนทิกแอลจีแตกต่างกันและมีผลต่อ รูปร่าง สรีรวิทยา นิเวศวิทยา อัตราการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างเซลล์สาหร่ายกับน้ำมวลชีวภาพและประชาคมของเบนทิกแอลจี อย่างไรก็ตาม จากกราฟ biplot ของการวิเคราะห์ CCA จะเห็นได้ว่าเบนทิกไคอะตอมส่วนใหญ่มีตำแหน่งอยู่บริเวณใกล้จุดตัดของกราฟ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีปัจจัยใดที่ควบคุมความชุกชุมของเบนทิกไคอะตอมอย่างเด่นชัด นอกจากปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีแล้ว ปัจจัยทางด้านชีวภาพ ได้แก่ สัตว์กินพืช เช่น สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และ ปลา ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศลำธาร เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมมวลชีวภาพของเบนทิกไคอะตอม โดยมวลชีวภาพลดลงเมื่อสัตว์กินพืชในระบบเพิ่มมากขึ้น (Steiman, 1996; Pringle and Hamazaki, 1997) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาผลของสัตว์กินพืชต่อเบนทิกไคอะตอม

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้.ม.ป.ป.ข้อมูลพื้นฐาน รายงานฉบับแม่บทเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโต้งนางช้าง จ.สงขลา-สตูล, กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กงมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม.2537.กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.ฉบับที่ 8.เล่มที่ 11ตอนที่ 16,กรุงเทพฯ
- Allan, J. D. 1995. Stream Ecology : Structure and Function of Running Waters. 1sted., Kluwer Academic Publisher, London.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed., American Public Health Association, Washington DC.
- Barter, H. G. and Carter, J. R. 1996. An Atlas of British Diatoms. Biopress Ltd., Bristol.
- Biggs, B. J. F. 1996. Pattern in Benthic Algae of Streams. In Stevenson R.J., Bothwell M. L. and Lowe R.L. (Eds.). Algal Ecology Freshwater Benthic Ecosystem, Academic Press Inc., London.
- Biggs, B. J. F. and Smith, R. A. 2002. Taxonomic richness of stream benthic algae: effects of flood disturbance and nutrients, Limnol. Oceanogr., 47 (4): 1175 - 1186.
- Cattaneo, A. 1997. Periphyton distribution and abundance on substrata of difference size along a gradient of stream trophy de Montreal, Hydrobiologia 354 (1):101-110.
- Ghosh, M. and Gaur, J. P.1998. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities, Aquatic Botany,60:1-10.
- Hauer, F. R. and Lamberti, G. A.1996. Methods in Stream Ecology, Academic Press, London.
- Ivorra, N., Barranguet, C., Jonker, M., Kraak, M.H.S. and Admiraal, W. 2002. Metal induced tolerance in the fresh water microbenthic diatom *Gomphonema parvulum*, Environ. Pollution.,116: 147-157 .
- Kelly, M. G. 2003. Short term dynamics of diatoms in an upland stream and implications for monitoring eutrophication, Environ. Pollution., 125: 117 - 122.
- Krammer K., and Lang-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. Teil 1. Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustave Fisher Verlag, Stuttgart.
- Krammer K., and Lang-Bertalot H.1988. Bacillariophyceae. Teil 2. Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustave Fisher Verlag, Stuttgart.
- Krammer K., and Lang-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustave Fisher Verlag, Stuttgart.
- Krammer K., and Lang-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. Teil 4. Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustave Fisher Verlag, Stuttgart.
- Lee, R. E. 1989. Phycology. 2nd ed. Cambridge University Press, New York.
- Mullner, A. N. and Schagerl, M. 2003. Abundance and vertical distribution of phytobenthic community within a pool and riffle sequence of an alpine gravel stream, Internat. Rev. Hydrobiol., 88 (3-4) :243-254.
- Passy, S. 2001. Spatial paradigms of lotic diatom distribution: a landscape ecology perspective, J. Phycol., 37: 370-378.
- Peerapornpisal, Y., Pekthong, T., Waiyaka, P. and Promkutkaew, S. 2000. Diversity of phytoplankton and benthic algae in Mae Sa Stream, Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai, Nat. Hist. Bull. Siam Soc., 48: 193-211.
- Pekthong, T. 2002. Biodiversity of Benthic Diatoms and Their Application in Monitoring Water Quality of Mae Sa Stream Doi Suthep-Pui National Park Chiangmai. Doctor Philosophy Thesis of Biology, Chiangmai University, Thailand.
- Pekthong, T. and Peerapornpisal, Y. 2001. Fifty one freshwater diatoms in Thailand, Chiang Mai J. Sci., 28(2): 97-112.
- Peterson, C. G. 1996. Response of Benthic Algal Communities to Natural Disturbance. In Stevenson R.J., Bothwell M. L., Lowe R. L. (Eds.). Algal Ecology Freshwater Benthic Ecosystem, Academic Press Inc., London.
- Pringle, C.M. and Hamazaki, T. 1997. Effects of fishes on algal response to storms in a tropical stream, Ecology, 78(8): 2432- 2442.
- Romani, A. N. and Sabater S. 2001. Structure and activity of rock and sand biofilms in a mediteranean stream, Ecology, 82(11): 3232-3245.

- Rott, E., Pfister, P. and Pitt, E. 1997. Use of Diatoms for Environmental Monitoring, Institut für Botanik der Universität Innsbruck, Innsbruck.
- Steinman, A.D. 1996. Effect of Grazers on Freshwater Benthic Algae. In Stevenson R.J., Bothwell M. L., Lowe R. L. (Eds.). Algal Ecology Freshwater Benthic Ecosystem, Academic Press Inc., London.
- Steinman, A. and McIntire, C.D. 1990. Recovery of Lotic Periphyton Communities After Disturbance. In Yout, J. D. and Niemi, G. J. (Eds.). Recovery of Lotic Periphyton Communities and Ecosystems Following Disturbance: Theory and Application, Springer-Verlag New York Inc., New York.
- Vis, C., Hudon, C., Cattaneo, A. and Pinel-Alloul, B. 1998. Periphyton as an indicator of water quality in the St. Lawrence River (Québec, Canada), Environ. Pollution., 101: 13-14.