

ดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมกับคุณภาพน้ำ ในลุ่มน้ำ Yang River Basin, Nan Province.
Diversity Index of Diatoms and its Water Quality in Yang River Basin, Nan Province.

สุทธยศ ยิ้มพลทรัพย์¹ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐฐา หังสพฤกษ์²
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต อนุรักษ์³ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ยวดี พีรพรพิศาล⁴

1. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โทรศัพท์/โทรสาร 02 564 4480-1 email: note_sutayot@hotmail.com
2. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โทรศัพท์/โทรสาร 02 564 4480-1 email: nhungspreug@hotmail.com
3. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต โทรศัพท์/โทรสาร 02 564 4480-1 email: banurugsa@hotmail.com
4. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์/โทรสาร 053 941948 ต่อ 119 email: scboi017@chiangmai.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Weiner diversity Index : H') ของไดอะตอมกับคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำ Yang River Basin ระหว่างสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน 2552 จำนวน 3 สถานี ได้แก่ ห้วยน้ำไคร้ ลำน้ำ Yang ที่บ้านดอนมูลและลำน้ำ Yang ที่บ้านนาฝ้า พบไดอะตอมทั้งหมด 19 สกุล 88 ชนิดพันธุ์ ชนิดพันธุ์เด่นที่พบได้แก่ *Gomphonema lagenula* Kuetzing, *Cymbella turgidula* Grunow var. *turgidura*, *Achnanthes minutissima* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith และ *Navicula cryptotenella* Kützing H' ของไดอะตอมมีค่าต่ำสุด 1.296 ที่ลำน้ำ Yang ที่บ้านนาฝ้าและสูงสุด 3.331 ที่ห้วยน้ำไคร้ในเดือนพฤศจิกายน นอกจากนี้พบว่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และของแข็งละลายน้ำมีความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) กับ H' ของไดอะตอมมากที่สุดที่บ้านน้ำไคร้ ดัง $z = 0.298x + 0.007y + 0.705$, $R^2 = 0.673$ เมื่อ $z = H'$ ของไดอะตอม, $x = DO$ (mg/l) และ $y =$ ของแข็งละลายน้ำ (mg/l) ขณะที่แอมโมเนียและของแข็งละลายน้ำ มีความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณกับ H' ของไดอะตอมมากที่สุดที่บ้านนาฝ้า ดัง $z = -5.204x + 0.031y + 6.264$, $R^2 = 0.826$ เมื่อ $z = H'$ ของไดอะตอม $x =$ แอมโมเนีย (mg/l) และ $y =$ ของแข็งละลายน้ำ ทั้งนี้ยังพบไดอะตอมบางชนิดสามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำได้เช่น *A. lutheri* Hust และ *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurk มีความสัมพันธ์กับ DO ($r = -0.972$ และ $r = -0.913$) ที่ห้วยน้ำไคร้ ส่วนลำน้ำ Yang ที่บ้านนาฝ้าพบว่า *G. lagenula* Kuetzing มีความสัมพันธ์กับ pH ($r = -0.947$) และ *C. turgidula* Grunow มีความสัมพันธ์กับแอมโมเนีย ($r = 0.906$) ของแข็งละลายน้ำ ($r = 0.994$) ลำน้ำ Yang ที่บ้านนาฝ้าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม จึงอาจมีการชะล้างปุ๋ยทางการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลต่อความหลากหลายของไดอะตอมซึ่งเป็นผู้ผลิตที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด

คำสำคัญ : ดัชนีความหลากหลายของไดอะตอม (Diversity of Diatoms), คุณภาพน้ำ (Water Quality), ลุ่มน้ำ Yang (Yang Sub-River)

Abstract

The study on diversity index of diatoms (H') and water quality in Yang River Basin, Nan Province during August to November, 2009 over 3 stations namely Huay Nam Krai, Yang stream at Ban Don Mun and Yang stream at Ban Na Far. Nineteen genus and eighty egg species of diatoms were found. The most dominant species were *Gomphonema lagenula* Kuetzing *Cymbella turgidula* Grunow var. *turgidura* *Achnanthes minutissima* Kützing *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith and *Navicula cryptotenella* Kützing. Minimum of H' value was 1.296 at Yang stream at Ban Na Far and maximum H' value was 3.331 at Huay Nam Krai on November. Besides DO value (x_1 , mg/l) and TDS value (x_2 , mg/l) multiple varied with H' (z) at Huay Nam Krai as $z = 0.298x_1 + 0.007x_2 + 0.705$, $R^2 = 0.673$. While NH_3-N value (x , mg/l) and TDS value (y , mg/l) multiple varied with H' (z) at Yang stream at Ban Na Far as $z = -5.204x + 0.031y + 6.264$, $R^2 = 0.826$. The study showed it was found that *A. lutheri* Hust and *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurk varied with DO ($r = -0.972$ and $r = -0.913$) at Huay Nam Krai. While *C. turgidula* Grunow varied with NH_3-N ($r = 0.906$) TDS ($r = 0.994$). Yang stream at Ban Na Far it most Agricultural area may be have used fertilizer for agriculture may be effect to water quality and diversity of diatoms their important in freshwater ecosystem.

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ไดอะตอมจัดว่าเป็นสาหร่ายกลุ่มที่มีความสำคัญที่สุดในแหล่งน้ำจืด ไดอะตอมมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแม่น้ำและลำธารเพราะมีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหาร เป็นตัวเติมออกซิเจนให้น้ำผิวดินและเป็นตัวเชื่อมในวัฏจักรชีวิตเคมี ไดอะตอมเป็นสาหร่ายที่มีองค์ประกอบชนิดพันธุ์ของแม่น้ำและลำธารสูง ไดอะตอมจัดเป็นปัจจัยสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพและแหล่งพันธุกรรมในแม่น้ำและลำธาร (Pekthong, 2002) แหล่งที่อยู่ของไดอะตอมส่วนใหญ่พบในน้ำทะเล น้ำจืด ตามก้อนหินในเขื่อน และตามหน้าดิน ล่องลอยตามกระแสน้ำในรูป แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) หรือเกาะกับวัตถุไม่มีชีวิตได้ น้ำ เช่น ก้อนหิน เรียกว่า เบนทิก ไดอะตอม (Benthic diatom) หรือเกาะกับพืชน้ำหรือสาหร่ายขนาดใหญ่ เรียกว่า เพอริไฟติก ไดอะตอม (Periphytic diatom) มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวาง (ยูวตี พีรพรพิศาล, 2546) ไดอะตอมเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นและเป็นฐานของสายใยในมวลน้ำ

ไดอะตอมที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ (benthic diatom) เป็นหนึ่งในกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ในฐานะผู้ผลิตเบื้องต้นในระบบนิเวศที่มีความสำคัญในสายใยอาหาร มีความสำคัญในการกำหนดความมากมายของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อยู่ในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำและแหล่งที่อยู่โดยเฉพาะ การแพร่กระจายของไดอะตอมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางชีวภาพและเคมีในแหล่งน้ำนั้นๆ จากคุณสมบัติข้อนี้ทำให้สามารถที่จะนำ ไดอะตอมมาเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพแหล่งน้ำได้

การศึกษาค้นคว้านี้เลือกไดอะตอมที่ยึดเกาะกับก้อนหินในลุ่มน้ำยาง จังหวัดน่าน เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำยางมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากขึ้น จากสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำยางซึ่งก็จะไปส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของไดอะตอม จากคุณสมบัติข้อนี้สามารถที่จะใช้ไดอะตอมเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำได้

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำยาง จังหวัดน่าน

วิธีการวิจัย

เก็บตัวอย่างไดอะตอมเพื่อวิเคราะห์ความหลากหลายของไดอะตอมและตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ อุณหภูมิ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำ ความเป็นกรด-เบส การนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลายน้ำ ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ระหว่างเดือน สิงหาคม ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 จำนวน 3 สถานี คือ ห้วยน้ำไคร้ ลำน้ำยางที่บ้านดอนมูล และลำน้ำยางที่บ้านนาฝ้า

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและสมการถดถอยพหุคูณ (multiple regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของไดอะตอมกับคุณภาพน้ำ

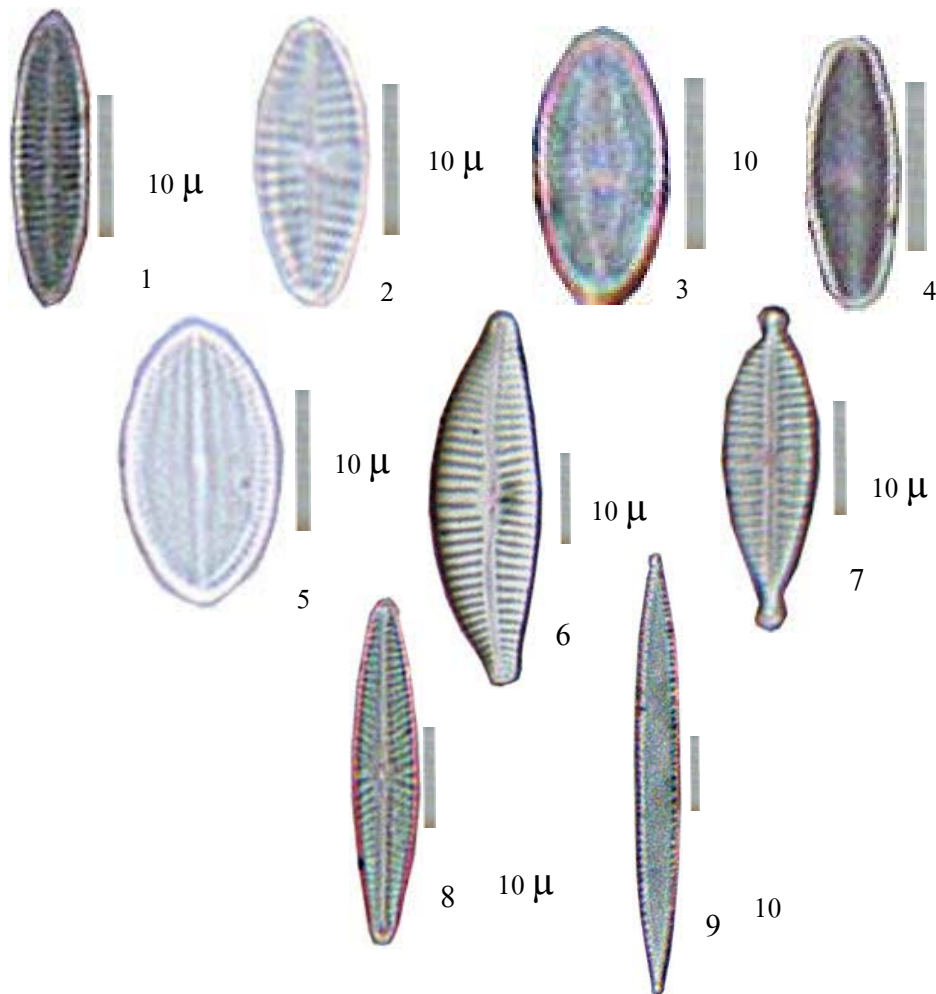
ผลการศึกษา

พบไดอะตอมในพื้นที่ลุ่มน้ำยาง จังหวัดน่าน 19 สกุล 88 ชนิดพันธุ์ ชนิดพันธุ์เด่นได้แก่ *Gomphonema lagenula* Kuetzing, *Cymbella turgidula* Grunow var. *turgidura*, *Achnanthes minutissima* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith และ *Navicula cryptotenella* Kützing (ภาพที่ 1) ดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมในพื้นที่ลุ่มน้ำยาง จังหวัดน่าน ห้วยน้ำไคร้มีค่าเฉลี่ย 2.810 และค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน 15.258 ลำน้ำยางที่บ้านดอนมูลมีค่าเฉลี่ย 2.613 และค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน 9.166 และลำน้ำยางที่บ้านนาฝ้ามีค่าเฉลี่ย 2.613 และ ค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน 29.679 (ตารางที่ 1) ค่าเฉลี่ยความหลากหลายของไดอะตอมแต่ละสถานีแสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำได้รับมลภาวะน้อย แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมแต่ละสถานี พบว่าลำน้ำยางที่บ้านดอนมูลมีค่า

รูปที่ 1 ไดอะตอมชนิดพันธุ์เด่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ในลุ่มน้ำยาง จังหวัดน่าน ระหว่างเดือน

สิงหาคม ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2552 (scale bar = 10 μ)

- 1) *Achnanthes biasolettiana* Grunow var. *biasolettiana*
- 2) *A. lanceolata* var. *lanceolata* (Brébisson) Lange-Bertalot
- 3) *A. lutheri* Hust
- 4) *A. minutissima* Kützing
- 5) *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurk
- 6) *Cymbella turgidula* Grunow var. *turgidula*
- 7) *Gomphonema. lagenula* Kuetzing
- 8) *Navicula. cryptotenella* Kützing
- 9) *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith



ตารางที่ 1ดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมในกลุ่มน้ำจืด จังหวัดน่าน ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2552

สถานีเก็บตัวอย่าง	ดัชนีความหลากหลายของไดอะตอม				ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	SD	%CV
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.					
ห้วยน้ำไคร้	2.281	2.809	2.818	3.331	2.281	3.331	2.810	0.429	15.258
ลำน้ำย่างที่บ้านดอนมูล	2.299	2.881	2.619	2.654	2.299	2.881	2.613	0.240	9.166
ลำน้ำย่างที่บ้านนาผา	2.647	2.009	2.615	1.296	1.296	2.647	2.142	0.636	29.679

หมายเหตุ : SD ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 %CV ร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน
 ส.ค. สิงหาคม
 ก.ย. กันยายน
 ต.ค. ตุลาคม
 พ.ย. พฤศจิกายน

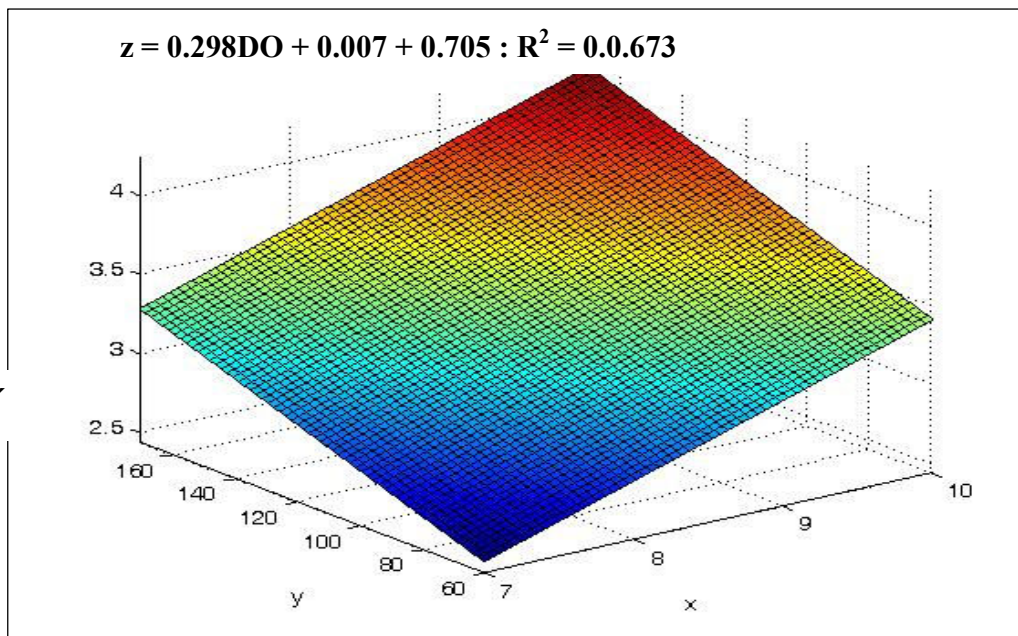
ร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนน้อยที่สุด 1.647 ส่วนลำนํ้าอย่างที่บ้านนาฝามีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมากที่สุด 14.149 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนจะแสดงให้เห็นว่า ลำนํ้าอย่างที่บ้านดอนมูลซึ่งมีค่าดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมมีค่าที่สม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาอาจเนื่องมาจากแหล่งนํ้าในบ้านดอนมูลได้รับอิทธิพลภายนอกหรือมลภาวะน้อย หรือกลุ่มไดอะตอมในบ้านดอนมูลมีช่วงของความทนต่อมลภาวะที่ล่งสูแหล่งนํ้า ซึ่งสอดคล้องกับ ณีฐฐา หังสพฤกษ์ (2535) อธิบายว่า ความหลากหลายของชนิดพันธุ์เป็นการทำให้เกิดความมั่นคง (stability) ของชุมชน หรือวัดความสามารถของโครงสร้างองค์ประกอบของชุมชนในการที่จะคงอยู่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากอิทธิพลภายนอก ซึ่งอิทธิพลภายนอกอาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของไดอะตอม อาจทำให้ความหลากหลายเพิ่มมากขึ้นหรือลดลงก็ได้

ความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณระหว่างดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมกับคุณภาพนํ้าในลุ่มนํ้าอย่าง จังหวัดน่าน พบว่า ออกซิเจนละลายนํ้าและของแข็งละลายนํ้ามีความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณกับดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมมากที่สุดที่ห้วยนํ้าไคร้ ดังสมการ $z = 0.298x + 0.007y + 0.705$; $R^2 = 0.673$ (รูปที่ 2) เมื่อ y คือ ดัชนีความหลากหลายของไดอะตอม x คือ ออกซิเจนละลายนํ้า(mg/l) y คือ ของแข็งละลายนํ้า (mg/l) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาพบว่าดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมในห้วยนํ้าไคร้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากห้วยนํ้าไคร้ตั้งอยู่ในพื้นที่ป่าชุมชนและพื้นที่ท่อนํ้าเป็นกอนหินขนาดใหญ่ทำให้กระแสนํ้าไหลเชี่ยวจึงมีปริมาณออกซิเจนละลายนํ้าสูง ซึ่งออกซิเจนเป็นพลังงานสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ ของจุลินทรีย์ในแหล่งนํ้าให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งของแข็งละลายนํ้าอาจเป็นสารอนินทรีย์ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและแพร่กระจายของไดอะตอม

รูปที่ 2 ออกซิเจนละลายนํ้า (มิลลิกรัมต่อลิตร) และของแข็งละลายนํ้า (มิลลิกรัมต่อลิตร)

มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันส่งผลต่อดัชนีความหลากหลายของไดอะตอม

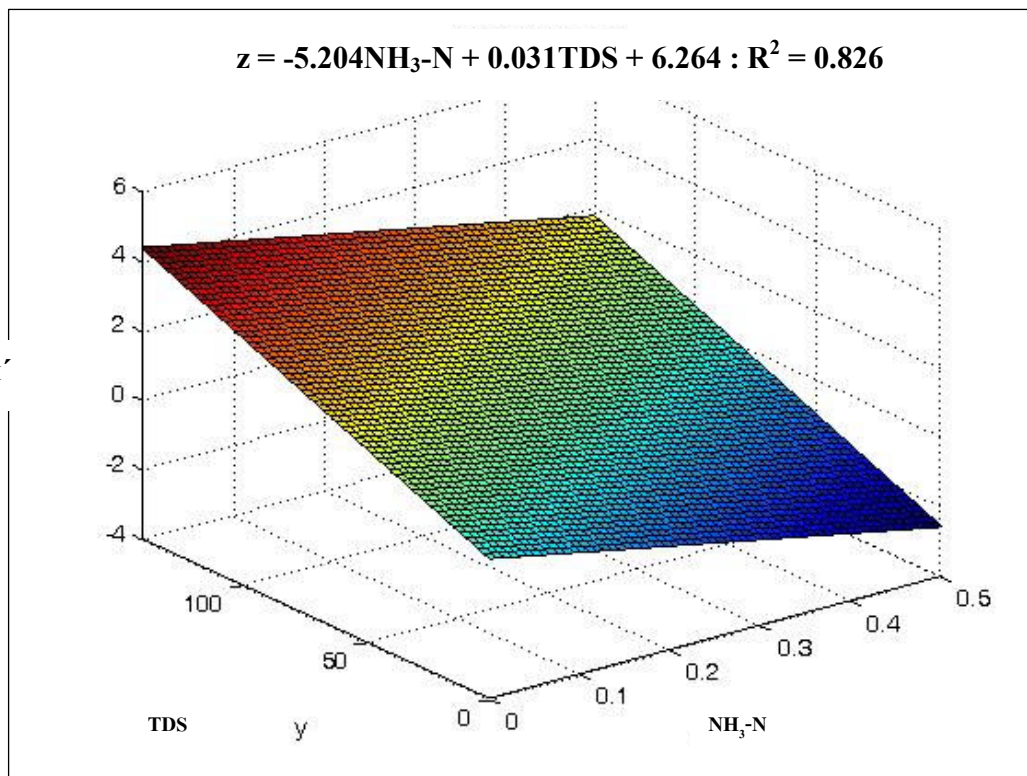
ในห้วยนํ้าไคร้ สิงหาคม ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2552



หมายเหตุ : H' คือ ดัชนีความหลากหลายของไดอะตอม
 DO คือ ออกซิเจนละลายนํ้า (มิลลิกรัมต่อลิตร)
 TDS คือ ของแข็งละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

และพบว่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและของแข็งละลายน้ำมีความสัมพันธ์ด้อยพหุคูณกับดัชนีความหลากหลายของไคอะตอมมากที่สุดที่ลำน้ำอย่างที่บ้านนาฝ้า ดังสมการ $z = -5.204x + 0.031y + 6.264 : R^2 = 0.826$ (รูปที่ 3) เมื่อ z คือ ดัชนีความหลากหลายของไคอะตอม x คือแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/l) และ y คือ ของแข็งละลายน้ำ (mg/l) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษพบว่าดัชนีความหลากหลายของไคอะตอมในลำน้ำอย่างที่บ้านนาฝ้ามีแนวโน้มลดลงอาจเนื่องมาจากลำน้ำอย่างที่บ้านนาฝ้าตั้งอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมจึงอาจมีการชะล้างปุ๋ยจากการเกษตรสู่แหล่งน้ำ ซึ่งของแข็งละลายน้ำอาจเป็นปุ๋ยจากการเกษตรแล้วถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในน้ำกลายเป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งอาจจะเป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ จึงอาจทำให้ความหลากหลายของไคอะตอมมีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 3 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) และของแข็งละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันส่งผลต่อดัชนีความหลากหลายของไคอะตอม ในลำน้ำอย่างที่บ้านนาฝ้า สิงหาคม ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2552



หมายเหตุ : H' คือ ดัชนีความหลากหลายของไคอะตอม
 NH_3-N คือ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)
 TDS คือ ของแข็งละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

นอกจากนี้ยังพบว่าในห้วยน้ำไคร้ *Achnanthes lutheri* Hust มีความสัมพันธ์ผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ ($R = -0.972$) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เช่นเดียวกับ *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurk ที่มีความสัมพันธ์ผกผันกับออกซิเจนละลายน้ำ ($R = -0.913$) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 ส่วนในลำน้ำอย่างที่บ้านนาฝ้าพบว่า *Cymbella turgidula* Grunow var. *turgidura* มีความสัมพันธ์กับของแข็งละลายน้ำ ($R = 0.994$) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และยังมี ความสัมพันธ์กับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($R = 0.906$) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 นอกจากนี้ ยังพบอีกว่า *Gomphonema lagenula* Kuetzing มีความสัมพันธ์ผกผันกับความเป็นกรด-เบส ($R = -0.947$) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10

สรุปผลการวิจัย

เมื่อนำค่าเฉลี่ยดัชนีความหลากหลายของไดอะตอมแต่ละสถานีมาใช้ชี้สภาพของแหล่งน้ำพบว่าลุ่มน้ำย่าง จังหวัดน่าน มีสภาพน้ำได้รับมลภาวะน้อย ยกเว้นลำน้ำย่างที่บ้านนาฝ้าในเดือนพฤศจิกายนที่มีสภาพน้ำได้รับมลภาวะปานกลาง

ในห้วยน้ำไคร้พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และปริมาณของแข็งละลายน้ำทำให้ความหลากหลายของไดอะตอมเพิ่มขึ้น และในลำน้ำย่างที่บ้านนาฝ้าพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และการลดลงของปริมาณของแข็งละลายน้ำทำให้ความหลากหลายของไดอะตอมลดลง

ข้อเสนอแนะ

ควรระมัดระวังคุณภาพน้ำที่บ้านนาฝ้าเนื่องจากส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมจึงอาจมีการชะล้างปุ๋ยทางการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลต่อความหลากหลายของไดอะตอมซึ่งเป็นผู้ผลิตที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐฐา หังสพฤกษ์. (2535). นิเวศวิทยาเชิงปริมาณ เล่มที่ 1, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ยุวดี พีรพรพิศาล (2546) สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- Trai Pekthong (2002). Biodiversity of Benthic Diatoms and their Application in Monitoring Water Quality of Mae Sa Stream Doi Suthep-Pui National Park Chiang Mai, PhD. Thesis, Biology Department, Faculty of Science, Chiang Mai University