

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATUS OF FRESH WATER MUSSELS USED MATERIALS FOR PEARL FARMING IN TUYEN QUANG PROVINCE

Le Minh Chau^{1*}, Nguyen Van Tung¹, Ho Thi Bich Ngoc¹

Nguyen Thi Nguyet Ngan², Nguyen Huu Hoa¹

¹TNU - University of Agriculture and Forestry

²Tuyen Quang Vocational college of Techniques and technologies

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 20/3/2023	This study aimed at analyzing, evaluating and drawing some comments on the current status of freshwater mussels in Na Hang - Tuyen Quang - one of the important materials serving for pearl mussel farming. Result indicates that there are two common mussel species, including: <i>Sinohyriopsis cumingii</i> Lea 1852 and <i>Cristaria bialata</i> Lea 1857, and some other unidentified mussel species. In which, mussel species, namely <i>Sinohyriopsis cumingii</i> Lea 1852, accounted for 71.15%, while mussel species (<i>C. bialata</i> Lea 1857) accounted for 15.38%. Other unidentified mussel species is 13.46%. Mussel species, namely <i>Sinohyriopsis cumingii</i> Lea 1852, appears more frequently (73.08%) than mussel species with only 13.46% (<i>C. bialata</i> Lea 1857), and other mussel species is 17.31%. These two main species of mussels are mainly distributed in inactive water area compared to flowing water area, and their occurrence frequency is rare. Species <i>Sinohyriopsis cumingii</i> Lea 1852 has a higher frequency (73.08%) than <i>C. bialata</i> Lea 1857 that is 13.46% and other species is 17.31%.
Revised: 16/5/2023	
Published: 16/5/2023	
KEYWORDS	
Fresh water mussel	
Tuyen Quang	
Distribution	
Current status	
Endangerment	

ĐÁNH GIÁ THỰC TRẠNG NGUỒN TRAI NƯỚC NGỌT SỬ DỤNG LÀM NGUYÊN LIỆU NUÔI LẤY NGỌC TẠI TUYÊN QUANG

Lê Minh Châu^{1*}, Nguyễn Văn Tùng¹, Hồ Thị Bích Ngọc¹

Nguyễn Thị Nguyệt Ngân², Nguyễn Hữu Hòa¹

¹Trường Đại học Nông Lâm – ĐH Thái Nguyên

²Trường Cao đẳng nghề kỹ thuật – Công nghệ Tuyên Quang

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 20/3/2023	Nghiên cứu này được thực hiện bằng các khảo sát, thu thập thông tin tại thực địa, phỏng vấn trực tiếp người dân địa phương thông qua các phiếu điều tra nhằm phân tích, đánh giá và đưa ra một số nhận định về tình trạng của trai nước ngọt hiện nay ở Na Hang – Tuyên Quang, một trong những nguyên liệu quan trọng phục vụ cho nghề nuôi trai nước ngọt lấy ngọc. Kết quả ghi nhận được 2 loài trai phổ biến là trai đen cánh dày (<i>Sinohyriopsis cumingii</i> Lea 1852), trai xanh cánh mỏng (<i>C. bialata</i> Lea 1857) và một số loài khác chưa xác định. Trong đó, loài trai đen cánh dày (<i>S. cumingii</i> Lea 1852) chiếm 71,15%; loài trai xanh cánh mỏng (<i>C. bialata</i> Lea 1857) là 15,38%; các loài khác chưa xác định là 13,46%. Loài trai đen cánh dày (<i>S. cumingii</i> Lea 1852) có tần suất bắt gặp cao hơn (73,08%) so với loài trai xanh cánh mỏng (<i>C. bialata</i> Lea 1857) là 13,46%, còn các loài khác là 17,31%. Hai loài trai này phân bố chủ yếu ở loại hình nước tĩnh nhiều hơn so với nước chảy và tần suất xuất hiện của chúng ở mức ít gặp.
Ngày hoàn thiện: 16/5/2023	
Ngày đăng: 16/5/2023	
TỪ KHÓA	
Trai nước ngọt	
Tuyên Quang	
Phân bố	
Thực trạng	
Nguy cấp	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.7555>

* Corresponding author. Email: leminhchau@tuaf.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Nhuận thể hai mảnh vỏ nước ngọt là một nhóm động vật đa dạng giới hạn ở vùng nước ngọt với hơn 1.200 loài được mô tả [1] -[3]. Chúng là một trong những nhóm bị đe dọa nhiều nhất trên thế giới với 40% số loài sắp bị đe dọa, bị đe dọa hoặc tuyệt chủng và trong số đó bộ Unionida là loài có nguy cơ tuyệt chủng cao nhất [4], [5]. Theo Cuttelod và cộng sự (2011) [6], mức độ đe dọa thân mềm nước ngọt ở vùng Indo-Burma (trong đó có Việt Nam) chỉ xếp sau Châu Âu. Với khoảng 50% các loài bị đe dọa, trai nước ngọt Việt Nam sẽ trở thành một trong những nhóm loài thân mềm nước ngọt bị đe dọa cao nhất thế giới [7]. Trong những năm qua, nhiều nghiên cứu đã được công bố liên quan đến sinh học, sinh thái học và bảo tồn hai mảnh vỏ nước ngọt, phần lớn chúng được thực hiện ở Bắc Mỹ và Châu Âu [8]. Ở Việt Nam nói chung và Tuyên Quang nói riêng nghiên cứu và đánh giá thành phần loài trai nước ngọt có rất ít công trình công bố. Hiện nay, môi trường sống của trai tại đây đang chịu những tác động từ phát triển du lịch, các thay đổi của hệ thống tự nhiên thông qua việc ngăn các con sông làm đập thủy điện, từ quá trình khai thác khoáng sản cũng như việc đánh bắt của người dân địa phương... Xuất phát từ thực tiễn đó, để góp phần cung cấp thêm thông tin về nguồn lợi trai nước ngọt bản địa, đánh giá nguồn nguyên liệu phục vụ cho nuôi trai nước ngọt lấy ngọc, đồng thời góp phần bảo tồn đa dạng sinh học động vật hoang dã nói chung và trai nước ngọt của khu vực Na Hang nói riêng, chúng tôi đã tiến hành thực hiện nghiên cứu này.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp hồi cứu số liệu

Nhóm nghiên cứu tiến hành thu thập, tham khảo, kế thừa tài liệu sẵn có để tổng hợp những vấn đề liên quan đến nội dung nghiên cứu. Đồng thời, chúng tôi tra cứu, sử dụng tất cả các tài liệu liệt kê trong danh sách tài liệu tham khảo, các công trình khoa học của nhiều tác giả trong và ngoài nước đã được công bố liên quan đến nghiên cứu.

2.2. Phương pháp phỏng vấn

Dùng bộ ảnh màu trai phỏng vấn trực tiếp người dân để tham khảo danh lục loài trai tại khu vực xã Khau Tinh, xã Côn Lôn, xã Năng Khả, xã Sơn Phú, xã Yên Hoa, xã Thanh Tương, thị trấn Na Hang và xã Đà Vị. Đây là các xã xung quanh vùng lòng hồ thủy điện Na Hang và dọc theo sông suối lớn trên địa bàn của huyện. Có 52 phiếu phỏng vấn được phát ra với các thông tin trong phiếu như: sự xuất hiện, tần suất bắt gặp, sản lượng khai thác, loại hình mặt nước, môi trường sông... Ghi chép các dẫn liệu điều tra phỏng vấn người dân, ngư dân, chợ địa phương trong khu vực nghiên cứu về các loài trai còn, các loài trai mất đi.

2.3. Phương pháp thu mẫu thực địa

Mẫu trai được thu trực tiếp bằng cách lội nước tìm kiếm trai hoặc sử dụng dụng cụ nạo vét bằng tay ở các con suối và hồ. Bên cạnh đó, chúng tôi đi thực địa tại các khu chợ vào sáng sớm để hỏi, thu thập thông tin từ ngư dân và những người bán động vật hai mảnh vỏ nước ngọt tại chợ địa phương của xã Sơn Phú, thị trấn Na Hang, chợ Yên Hoa... về nguồn gốc của chúng.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu thu thập được xử lý trên phần mềm Excel.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Thành phần loài trai tại khu vực nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu qua các đợt điều tra và phỏng vấn người dân địa phương đã ghi nhận được thành phần loài trai, kết quả chi tiết được thể hiện tại bảng 1.

Bảng 1. Thành phần loài trai tại một số địa điểm của huyện Na Hang

TT	Tên Tiếng Việt	Tên khoa học	Số lượng mẫu	Tỷ lệ (%)
1	Trai đen cánh dày	<i>S. cumingii</i> Lea 1852	37	71,15
2	Trai xanh cánh mỏng	<i>C. bialata</i> Lea 1857	8	15,38
3	Loài khác	-	7	13,46

Ghi chú: x: có xuất hiện tại các thủy vực nêu trên.

Qua bảng 1 cho thấy, loài trai đen cánh dày (*S. cumingii* Lea 1852) chiếm 71,15%; loài trai xanh cánh mỏng (*C. bialata* Lea 1857) chiếm 15,38% và các loài trai khác là 13,46% (các loài có tiềm năng cho việc cấy nhân để tạo ngọc) so với tổng 52 mẫu phiếu có phát hiện sự có mặt của một số loài trai nghiên cứu. Hai loài trai có mặt ở huyện Na Hang là *S. cumingii* Lea 1852 và *C. bialata* Lea 1857 cho kết quả đang ở trong tình trạng sắp nguy cấp và ít quan tâm, vì vậy số lượng trai trong các thủy vực ngày càng ít gặp. Việt Nam đứng thứ 2 sau Trung Quốc ở Châu Á về sự đa dạng các loài trai nước ngọt (Unionida) nhưng hiện có tới 15 loài trai nước ngọt được đánh giá thuộc một trong các thứ hạng nguy cấp (chiếm 32% tổng số loài đã biết), 21 loài (46%) ở mức ít quan tâm và 9 loài (19%) không có đủ dữ liệu để đánh giá [7]. Số lượng trai bắt gặp trong thủy vực nghiên cứu chủ yếu chỉ có 2 loài với số lượng rất ít, cho thấy sự suy giảm nghiêm trọng về nguồn lợi này tại đây. Không chỉ ở Việt Nam, các loài thân mềm nước ngọt đang bị suy giảm nghiêm trọng được cho là hiện tượng toàn cầu [9]. Hiện tượng này bắt nguồn từ hai nguyên nhân chính là: Đặc tính chu kỳ sống và các tác động của con người. Các loài trai nước ngọt đặc trưng bởi khả năng di chuyển hạn chế, nơi sống chuyên biệt, phạm vi phân bố giới hạn, tuổi thành thực muộn, đẻ ít, có giai đoạn ký sinh bắt buộc trên mang hoặc vây của cá, tuổi thọ dài [10]. Các tính trạng này đã ngăn cản khả năng thích nghi của các loài trai nước ngọt với những biến động của môi trường sống tự nhiên như thay đổi chế độ dòng chảy, bồi lắng, ô nhiễm môi trường sống cũng như không có khả năng cạnh tranh hiệu quả với sự xâm lấn của các loài ngoại lai. Chu kỳ sống của các loài trai nước ngọt phụ thuộc vào các loài cá làm vật chủ cho ấu trùng của chúng. Vì vậy, việc biến mất hay suy giảm của các loài cá vật chủ cũng sẽ đe dọa đến sự tồn tại của các loài này. Dưới tác động của các mối đe dọa trên, chu kỳ sống phụ thuộc vào một số loài vật chủ cùng với đặc tính phân bố hẹp, mức độ đặc hữu cao, nhiều loài trai nước ngọt đang biến mất một cách nhanh chóng. Những mối đe dọa về môi trường sống của trai bắt nguồn từ những tác động của con người. Các tác động phải kể đến như: xây dựng đập thủy điện, hoạt động nông, lâm nghiệp, đô thị hóa, khai thác khoáng sản, di nhập các loài ngoại lai và khai thác quá mức... Tốc độ và phạm vi của thay đổi môi trường đang tác động rất lớn lên thủy sinh vật, làm ô nhiễm môi trường nước, biến đổi dòng chảy, phá hủy và làm suy thoái nơi sống, đe dọa trực tiếp đến sự tồn tại của các loài trai nước ngọt. Ngoài những tác động của con người, các loài trai nước ngọt cũng bị đe dọa bởi biến đổi khí hậu. Nếu các loài trai nước ngọt biến mất với tốc độ như hiện tại, cơ hội để bảo tồn các loài còn lại sẽ biến mất trong tương lai gần.

3.2. Phân bố của các loài trai theo loại hình mặt nước và tần suất xuất hiện của chúng ở thủy vực nghiên cứu

Trai nước ngọt đóng một vai trò quan trọng trong hệ sinh thái thủy sinh và kinh tế thủy sản do giá trị tiềm năng của nó để lọc nước và có thể ăn được. Tuy nhiên, không có nghiên cứu toàn diện nào gần đây về hệ động vật thân mềm có sẵn và do đó sự phân bố và tình trạng phân loại, bảo tồn của nhiều đơn vị phân loại này vẫn chưa rõ ràng.

Bảng 2. Phân bố của trai nước ngọt tại một số địa điểm tại Na Hang, tỉnh Tuyên Quang (%)

Loại hình mặt nước	Trai đen cánh dày (<i>S. cumingii</i> Lea 1852) (%)	Trai xanh cánh mỏng (<i>C. bialata</i> Lea 1857) (%)	Loài khác (%)
Ao	50,00	9,62	3,85
Hồ chứa	17,31	3,85	1,92
Sông	34,62	7,69	17,31
Suối	28,85	9,62	5,77
Khác	19,23	3,85	17,31

Qua các đợt điều tra thu mẫu tại thực địa chúng tôi nhận thấy rằng, sự phân bố của trai nước ngọt ở hệ sinh thái nước đứng như ao, hồ chứa và hệ sinh thái nước chảy như sông, suối trong khu vực nghiên cứu đều xuất hiện của 2 loài trai đen cánh dày và trai xanh cánh mỏng, bên cạnh đó còn có một số loài khác (bảng 2).

Kết quả ở bảng 2 cho thấy loài trai đen cánh dày (*S. cumingii* Lea 1852), hệ sinh thái nước đứng xuất hiện ở ao là 50%; hồ là 17,31% nhiều hơn hệ sinh thái nước chảy, gặp ở sông là 34,62%; ở suối là 28,85%, ở một số mặt nước khác là 19,23%. Đối với loài trai xanh cánh mỏng (*C. bialata* Lea 1857), hệ sinh thái nước đứng xuất hiện ở ao là 9,62%; hồ là 3,85% ít hơn hệ sinh thái nước chảy, gặp ở sông là 7,69%; ở suối là 9,62%, ở một số mặt nước khác là 3,85%. Đối với loài trai khác, hệ sinh thái nước đứng xuất hiện ở ao là 3,85%; hồ là 1,92% ít hơn hệ sinh thái nước chảy, gặp ở sông là 17,31%; ở suối là 5,77%, ở một số mặt nước khác là 17,31%. Điều này cho thấy số lượng trai nước ngọt ở ngoài sông suối ngày càng ít. Mặt khác các loại hình nước đứng ở khu vực này chủ yếu được hình thành do đắp các con sông, suối... hình thành nên. Nguyên nhân quan trọng nhất gây suy giảm các quần thể trai nước ngọt có thể là do việc xây dựng các con đập để kiểm soát dòng chảy, phát điện và dự trữ nước cho nông nghiệp, sinh hoạt [11]. Các thủy vực có độ đa dạng sinh học cao sẽ biến thành các thủy vực nghèo nàn về sinh vật, thậm chí là các dòng sông chết. Các đập thủy điện cũng làm suy giảm và chia cắt mạnh mẽ các nơi sống thích hợp, gây ra một loạt các hiệu ứng cho cả thượng nguồn và hạ nguồn. Các hoạt động của con người như xây đập, khai thác cát, ô nhiễm nước và đánh bắt quá mức có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến sự tồn tại của trai nước ngọt [12], [4]. Các hoạt động khai thác cát quy mô lớn và không được kiểm soát không chỉ làm hỏng môi trường sống của trai nước ngọt mà còn dẫn đến các kim loại nặng và các chất độc hại trong nước, có thể gây nguy hiểm cho trai nước ngọt. Các yếu tố môi trường, chẳng hạn như trầm tích, oxy hòa tan và độ đục của nước, ảnh hưởng đáng kể đến sự phân bố của trai nước ngọt [13], [14]. Nhìn chung, các khu vực bùn lầy có nhiều chất hữu cơ hơn và trai nước ngọt thích sống trong môi trường sống này hơn [15]. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng, các yếu tố môi trường như nhiệt độ nước, DO và độ đục ảnh hưởng đến cấu trúc quần xã sinh vật đáy. Oxy hòa tan là một các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự phân bố. Trai nước ngọt có chọn lọc và thích nghi với môi trường sống [16]. Các loài trai khác nhau có khả năng khuếch tán khác nhau và mực nước thay đổi là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự tồn tại và phân tán của trai [16], [17].

Bảng 3. Tần suất xuất hiện của trai nước ngọt tại một số địa điểm ở Na Hang, tỉnh Tuyên Quang (%)

Tần suất xuất hiện	Trai đen cánh dày (<i>S. cumingii</i> Lea 1852) (%)	Trai xanh cánh mỏng (<i>C. bialata</i> Lea 1857) (%)	Loài khác (%)
Hàng ngày	0,00	0,00	0,00
1 lần/tuần	0,00	0,00	0,00
1 lần/tháng	0,00	0,00	0,00
1 lần/năm	1,92	0,00	0,00
Ít gặp	73,08	13,46	17,31
Không gặp	0,00	0,00	5,77

Các thủy vực như cánh đồng lúa, kênh tưới tiêu, hồ chứa... là môi trường sống của các sinh cảnh nước ngọt. Các loài ốc và hai mảnh vỏ thích nghi tốt với mức độ oxy hóa đặc trưng thấp, trầm tích cao, nền mềm, dao động lớn của mực nước, một phần bản chất phù du và sự hiện diện của các đại thực bào. Nhưng hiện nay, giảm đáng kể đa dạng các loài trai trong các thủy vực và người ta cho rằng sự thay đổi này là do sự suy giảm oxy, độc tố của tảo, nước thải và sự cổ tràn nông nghiệp và thay đổi môi trường sống. Qua bảng 3 cho thấy, 2 loài trai đen cánh dày (*S. cumingii* Lea 1852), trai xanh cánh mỏng (*C. bialata* Lea 1857) và một số loài khác tần suất xuất hiện rất ít. Hiện nay, hai loài trai này ít gặp hoặc đã từng gặp trước đó, nay không còn xuất hiện nữa. Trai đen cánh dày (*S. cumingii* Lea 1852) tần suất bắt gặp nhiều hơn so với trai xanh cánh mỏng (*C. bialata* Lea 1857). Một số loài khác cũng tương tự và có thể không còn thấy trong mấy

năm gần đây. Đây là tình trạng báo động ở khu vực nghiên cứu, kết quả này tương tự nhận định của Lydeard và cộng sự (2004) [9], Geist (2010) [18] về tình trạng báo động của trai nước ngọt. Theo báo cáo, trong tổng số 297 loài trai nước ngọt ở Bắc Mỹ, có 19 loài được cho là đã tuyệt chủng vào năm 1993; đến năm 2008, số lượng loài trai nước ngọt tuyệt chủng lên tới 37 [1] [19]. Sách đỏ của IUCN về các loài nguy cấp đã liệt kê 247 loài trai nước ngọt trên mức gần bị đe dọa [20]. Đỗ Văn Tứ và Hoàng Thị Thanh Nhân (2013) [7] cho biết hầu hết các loài trai nước ngọt bị đe dọa đều là những loài chỉ phân bố ở vùng trung du và miền núi phía Bắc. Ở Việt Nam nói chung và Tuyên Quang nói riêng, nhóm thủy sinh vật nước ngọt, thân mềm nước ngọt (trai, hến, ốc) là một trong những nhóm bị đe dọa, cần được đánh giá toàn diện để ngăn chặn sự suy giảm nghiêm trọng của nhóm thủy sinh này.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã ghi nhận được 2 loài trai phổ biến là trai đen cánh dày (*S. cumingii* Lea 1852), trai xanh cánh mỏng (*C. bialata* Lea 1857) và một số loài khác tại các thủy vực ở huyện Na Hang. Trong đó, loài trai đen cánh dày (*S. cumingii* Lea 1852) chiếm 71,15%; loài trai xanh cánh mỏng (*C. bialata* Lea 1857) là 15,38%; các loài khác chưa xác định là 13,46%. Tần suất xuất hiện ở mức ít gặp của loài trai đen cánh dày (*S. cumingii* Lea 1852) là 73,08%; loài trai xanh cánh mỏng (*C. bialata* Lea 1857) là 13,46%, còn các loài khác là 17,31%. Điều này cho thấy nguồn lợi này đang suy giảm và có nguy cơ biến mất nếu không được bảo tồn và khai thác hiệu quả.

Lời cảm ơn

Để thực hiện nghiên cứu này, chúng tôi đã được sự tài trợ của Quỹ khoa học công nghệ của tỉnh Tuyên Quang.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] A. E. Bogan, "Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater," *Hydrobiologia*, vol. 595, no. 1, pp. 139-147, 2008, doi: 10.1007/s10750-007-9011-7.
- [2] A. E. Bogan and K. J. Roe, "Freshwater bivalve (Unioniformes) diversity, systematics, and evolution: status and future directions," *Journal of the North American Benthological Society*, vol. 27, pp. 349–369, 2008.
- [3] D. L. Graf, "Patterns of freshwater bivalve global diversity and the state of phylogenetic studies on the Unionoida, Sphaeriidae, and Cyrenidae," *American Malacological Bulletin*, vol. 31, pp. 135-153, 2013.
- [4] M. Lopes-Lima, R. Sousa, J. Geist *et al.*, "Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges," *Biological Reviews*, vol. 92, pp. 572-607, 2017.
- [5] W. R. T. Darwall, R. A. Holland, K. G. Smith *et al.*, "Implications of bias in conservation research and investment for freshwater species," *Conservation Letters*, vol. 4, pp. 474-482, 2011.
- [6] A. Cuttelod, M. Seddon, and E. Neubert, *European Red List of Non-Marine Molluscs*. Luxembourg: Publications Office of the European Communities, 2011.
- [7] T. V. Do and N. T. T. Hoang, "Conservation status of freshwater mussels (unionoida) of Viet Nam," *The 5th National Scientific Conference on Ecology and Biological Resources*, 2013, pp. 827-834.
- [8] M. Lopes-Lima, A. Teixeira, E. Froufe, A. Lopes, S. Varandas, and R. Sousa, "Biology and conservation of freshwater bivalves: past, present and future perspectives," *Hydrobiologia*, vol. 735, pp. 1–13, 2014.
- [9] C. Lydeard, R. H. Cowie, W. F. Ponder *et al.*, "The global decline of nonmarine mollusks," *Bioscience*, vol. 54, no. 4, pp. 321-330, 2004, doi: 10.1641/0006-3568(2004)054[0321:TGDONM]2.0.CO.
- [10] E. E. Strong, O. Gargominy, W. F. Ponder, and P. Bouchet, "Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater," *Hydrobiologia*, vol. 595, pp. 149-166, 2008.
- [11] F. Köhler, M. Seddon, A. E. Bogan, V. T. Do, P. Sri-Aroon, and D. Allen, "The status and distribution of freshwater molluscs in the Indo-Burma region," In D. J. Allen, K. G. Smith, and W. R. T. Darwall, (Compilers), *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Indo-Burma*. Cambridge, UK and Gland, Switzerland: IUCN, 2012, pp. 66-88.

-
- [12] J. Geist, "Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation," *Ecological Indicators*, vol. 11, no. 6, pp. 1507-1516, 2011, doi: 10.1016/j.ecolind.2011.04.002.
- [13] F. B. Zhao, P. P. Chen, H. T. Xu, W. Zhang, L. H. Feng, and L. Q. Wang, "The relationship between the environmental factors and community structure of benthos in Shanghai river channel," *Journal of Ecology and Environment*, vol. 25, no. 8, pp. 1361-1368, 2016.
- [14] R. K. Negi and S. Mamgain, "Seasonal variation of benthic macroinvertebrates from Tons River of Garhwal Himalaya Uttarakhand," *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 16, no. 22, pp. 1510-1516, 2013, doi: 10.3923/pjbs.2013.1510.1516.
- [15] Y. B. Akiyama and T. Maruyama, "Habitat characteristics influencing distribution of the freshwater mussel *Pseudunio japonensis* and potential impact on the Tokyo bitterling, *Tanakiatanago*," *Zoological Science*, vol. 27, no. 12, pp. 912-916, 2010, doi: 10.2108/zsj.27.912.
- [16] C. C. Vaughn, "Life history traits and abundance can predict local colonisation and extinction rates of freshwater mussels," *Freshwater Biology*, vol. 57, no. 5, pp. 982-992, 2012, doi: 10.1111/j.1365-2427.2012.02759.
- [17] D. E. Spooner, C. C. Vaughn, and H. S. Galbraith, "Species traits and environmental conditions govern the relationship between biodiversity effects across trophic levels," *Oecologia*, vol. 168, no. 2, pp. 533-548, 2012, doi: 10.1007/s00442-011-2110-1.
- [18] J. Geist, "Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): A synthesis of conservation genetics and ecology," *Hydrobiologia*, vol. 644, no. 1, pp. 69-88, 2010, doi: 10.1007/s10750-010-0190-2.
- [19] A. D. Christian and J. L. Harris, "An introduction to directions in freshwater mollusk conservation: Molecules to ecosystems," *Freshwater Science*, vol. 27, no. 2, pp. 345-348, 2008, doi: 10.1899/08-025.1.
- [20] IUCN (International Union for Conservation of Nature), "The IUCN Red List of Threatened Species," Version 2016-3, 2017. [Online]. Available: <http://www.iucnredlist.org>. [Accessed 22 January 2017].