

ПУШПА ПУДЕЛ¹, НАРАЯН ПРАСАД ГХІМІР^{2*}, ШИВА КУМАР РАІ¹

¹Лабораторія фікологічних досліджень, факультет ботаніки,

Університет Трібхуван, Біратнагар, Непал

²Центральний факультет ботаніки, Університет Трібхуван, Кіртіпур, Катманду, Непал

*np.ghimire@cdbtu.edu.np

РІЗНОМАНІТНІСТЬ ВОДОРОСТЕЙ ОЗЕРА ГАДЖЕДІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СЕЗОННИХ КОЛИВАНЬ ЯКОСТІ ВОДИ (НЕПАЛ)

Реферат: Досліджено різноманітність водоростей оз. Гаджеді (район Рупандехі, Непал) в різні сезони в залежності від показників якості води. Альгологічні проби та зразки води відбирали з восьми периферійних ділянок озера в літній, дощовий і зимовий сезони 2021 р. Температура води, її електропровідність, загальна кількість розчинених твердих речовин, жорсткість, лужність, вміст фосфору, вільного CO₂ і розчиненого кисню мали високі показники протягом літнього сезону, тоді як значення рН води були високими під час сезону дощів. У результаті дослідження виявлено 93 види водоростей з 52 родів 30 родин 7 класів і 6 відділів. Найрізноманітніше були представлені *Bacillariophyta* (44,08%), менш різноманітно – *Chlorophyta* (17,20%), *Cyanobacteria* (12,90%), *Euglenozoa* (10,97%), *Charophyta* (10,75%) та *Miozoa* (1,07%). Індекс різноманітності Шеннона-Вайнера показав високі значення протягом літнього сезону з більш рівномірним розподілом видів водоростей. Найбільше видів зареєстровано в зимовий сезон. Влітку домінували *Trachelomonas*, *Navicula* та *Nitzschia*, під час сезону дощів – *Anagostidinema*, *Desmodesmus* і *Pinnularia*, взимку – *Trachelomonas*, *Tetradesmus* і *Gomphonema*. Упорядкування аналізу надлишковості показало, що склад водоростей змінювався разом із сезонними змінами фізико-хімічних параметрів. Таким чином, температура, рН і провідність були визначені як важливі фактори, що впливають на багатство видів.

Ключові слова: водорості, озеро Гаджеді, індекс різноманітності, фізико-хімічні параметри, Непал

Надійшла до редакції 15.06.2023. Після доопрацювання 10.08.2023. Підписана до друку 05.09.2023.

Опублікована 20.09.2024

Ц и т у в а н н я . Пушпа Пудел, Нараян Прасад Гхімір, Шива Кумар Раї. 2024. Різноманітність водоростей озера Гаджеді в залежності від сезонних коливань якості води (Непал). *Альгологія*. 34(3): 227–248. <https://doi.org/10.15407/alg34.03.227>

This is open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Вступ

Водорості – найбільш поширені водні організми в прісноводних екосистемах (Xavier, Jose, 2020). Їх вважають найвпливовішими первинними продуцентами, а також екологічними біоіндикаторами водних екосистем (Stevenson, Smol, 2003). Вони впливають на біологічне різноманіття. Наявність водоростей у водному середовищі та їх різноманіття безпосередньо пов'язані з фізико-хімічними характеристиками води (Nasser, Sureshkumar, 2014; Jayagoudar et al., 2020). Сезонні коливання фізико-хімічних параметрів призводять до змін видового та систематичного складу водоростей у різні пори року (Hajong, Ramanujam, 2018). Дослідження цих змін в озерах і водосховищах дають змогу зрозуміти, як впливає евтрофікація на водну екосистему (Shinde et al., 2012).

Дослідження якості води та різноманітності водоростей протягом різних сезонів дозволяють оцінити біологічний та фізико-хімічний стан озера. Різні види водоростей проявляють чітку реакцію на сезонні коливання освітленості, температури, доступності поживних речовин і тиску виїдання. Ці коливання сприяють відмінностям у продуктивності водоростей і біорізноманітті в різних водних середовищах (Hajong, Ramanujam, 2018). Дослідження різноманіття водоростей дозволяють оцінити екологічний стан водойми. Такі параметри, як загальна кількість розчинених твердих речовин (TDS), лужність, розчинений кисень (DO), рН і хлориди, часто демонструють негативну кореляцію з розвитком водоростей у водоймах (Rani, Sivakumar, 2012). Також існує відповідна кореляція з температурою води, вмістом фосфатів і нітратів (Sharma, Singh, 2018). Представники *Chlorophyceae* мешкають у воді, багатій на поживні речовини, яка містить велику кількість нітратів і фосфатів (Philipose, 1967). Евтрофікація виникає внаслідок значного збагачення води різними хімічними сполуками, спричиненого в першу чергу екстенсивним застосуванням добрив у сільському господарстві та веденням сільськогосподарської діяльності поблизу водозбірних ділянок. Внесення поживних речовин, таких як фосфати і нітрати, призводить до швидкого й неконтрольованого розвитку мікрowodоростей у воді. Це порушує екологічну рівновагу водних організмів (Volterra et al., 2002).

Загальна кількість видів водоростей у світі оцінюється в діапазоні від 30 тис. до понад 10 млн. Кількість відомих видів водоростей становить > 40 000 (Guiry, 2012). Дослідження водоростей у Непалі порівняно з іншими країнами були відносно обмеженими. Всього для країни відомо 998 видів водоростей (*Chlorophyta* – 415, *Cyanobacteria* – 277 та

Bacillariophyta – 235), включаючи 29 ендемічних видів (Rai, Ghimire, 2020). Спеціальні дослідження альгофлори в країні проводилися в декількох конкретних місцях. У водно-болотних угіддях Бетана, Моранг та Біз Хазарі Тал і Читван ідентифіковано 23 види водоростей (Rai, 2011, 2013). Загалом 52 таксони (*Cyanobacteria* – 9, *Chlorophyta* – 36, *Bacillariophyta* – 7), включаючи 10 нових для Непалу видів, зареєстровано в Ітахарі, Сунсарі (Shrestha et al., 2013). В оз. Раджа-Рані в Дханкуті виявлено 46 видів водоростей з 34 родів і 3 класів, включаючи 13 нових для країни видів (Shrestha, Rai, 2017). Повідомлялося також про 44 види, за винятком діатомових і червоних водоростей із водно-болотних угідь Хасіна (Rai, Rai, 2018). У водно-болотних угіддях Раджа-Рані, Летанг і Моранг знайдено 72 види зелених водоростей (Godar, Rai, 2018). Rajopadhyaya та Rai (2019) досліджували альгофлору водно-болотних угідь Баг-Джода і Моранг, де виявили 46 видів водоростей. У водосховищі Джагадішпур у районі Капілвасту спочатку було ідентифіковано 124 види водоростей з 58 родів 9 класів, серед яких 35 видів виявилися новими для Непалу (Rai, Paudel, 2019), а пізніше – ще 81 вид з 53 родів 6 класів водоростей (Pokhrel et al., 2021).

У Непалі проведено небагато досліджень щодо різноманіття водоростей та його кореляції з сезонними коливаннями показників фізико-хімічних параметрів води. Дослідження були проведені на водосховищі Джагадішпур (Pokhrel et al., 2021) і оз. Біз Хазарі в районі Читван (Roka et al., 2022). Крім того, у роботі, присвяченій різноманіттю водо-ростей оз. Гаджеді, Рупандехі (Dhakal et al., 2020) повідомлялося про 33 види водоростей (*Cyanobacteria* – 5, *Chlorophyta* – 26 та *Euglenophyta* – 2).

Враховуючи недостатню кількість проведених досліджень, нашою метою було заповнити цю прогалину шляхом вивчення різноманіття водоростей та його зв'язку з сезонними параметрами води в оз. Гаджеді та оцінити вплив фізико-хімічних характеристик води в ньому на різноманіття водоростей у тропічному регіоні.

Матеріали та методи

Район досліджень

Озеро Гаджеді (27°39'35.33" N, 83°16'23.58" E, 22 м н.р.м.) розташоване за 3 км на південь від шосе Махендра, неподалік місця паломництва Лумбіні, на рівнині Терай (рис. 1). Довжина озера з півдня на північ становить близько 1 км, ширина зі сходу на захід – близько 317 м, площа – 4,5 км². Середньорічна кількість опадів на даній території 2600 мм (Thapa, Poudel, 2018).

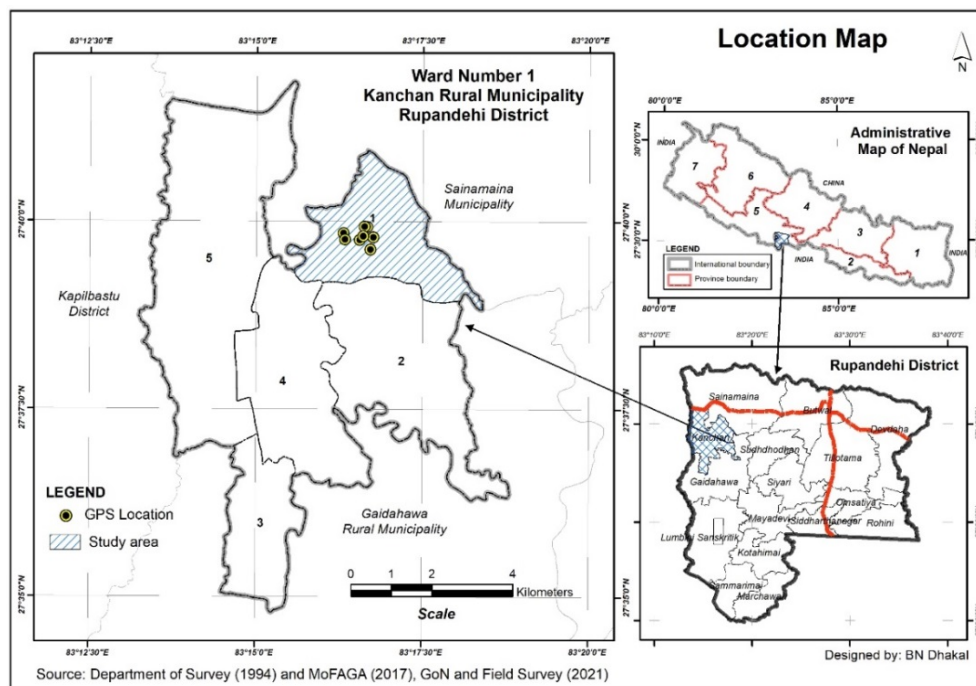


Рис. 1. Карта оз. Гаджеді зі станціями відбору проб

Зі сходу, півночі та заходу озеро оточене лісом із *Shorea robusta* та супутніми видами, такими як *Haldina cordifolia*, *Dalbergia sissoo*, *D. latifolia*, *Terminalia alata*, *T. bellirica*, *T. chebula*, *Pterocarpus marsupium* і *Schleichera oleosa* тощо, а також приватними землями та поселенням на південно-західній стороні (Dhakal et al., 2019).

Відбір та ідентифікація водоростей

Відбір проб проводили на восьми периферійних ділянках озера в літній, дощовий та зимовий сезони 2021 р. На кожній ділянці було закладено 10 квадратів $1 \times 1 \text{ м}^2$ у лінійний трансект. Водорості збирали з кожного квадрата окремо в пластикові лабораторні пляшки об'ємом 1 л, фіксували 4%-ним розчином формальдегіду, маркували та мітили. Ідентифікацію та підрахунок зразків проводили шляхом вивчення тимчасових препаратів з гліцерином під світловим мікроскопом. Розміри водоростей вимірювали за допомогою окулярного та предметного мікрометрів. Підрахунок зразків проводили за допомогою лічильної камери. Ідентифікацію водоростей здійснювали шляхом порівняння морфологічних характеристик, середовища зростання та розмірів з використанням відповідної літератури (Deshikachary, 1959; Croasdale et al., 1994; Wojtal, 2009; Karthick et al., 2013; Godar, Rai, 2018; Rai, Dhakal, 2020).

Аналіз води

Температуру та рН вимірювали за допомогою набору для аналізу води (Deluxe Water і Soil Analysis Kit, Model 191, Індія). Для аналізу решти параметрів, таких як DO, BOD, фосфор, азот, сірка, провідність тощо, зразки води відбирали окремо в чорні полімерні лабораторні пляшки й аналізували в лабораторії Батаваранья Сева Кендра, Біратнагар, Моранг (Непал).

Аналіз даних

Розраховували показники частоти трапляння, рясності та видового різноманіття, у тому числі індекс Шеннона-Вайнера та вирівняність видів водоростей. Взаємозв'язок між видовим багатством водоростей та фізико-хімічними параметрами води оцінювали шляхом ординації. В якості попереднього багатовимірного аналізу застосовували метод непрямого градієнтного аналізу DCA (Detrended Correspondence Analysis). Схема розподілу отримана у вигляді ординаційної діаграми DCA. Перша вісь DCA корелює з β -різноманітністю. З ординації DCA було отримано довжину градієнта 3,676. Оскільки довжина градієнта першої осі була меншою за 2,5, для пояснення зв'язку між видом і середовищем було доцільним застосувати аналіз надмірності RDA (Redundancy analysis). Кореляцію між фізико-хімічними параметрами води та різноманітністю водоростей визначали за допомогою версії 3.4.4. програми R Studio.

Результати

Фізико-хімічні показники води

Середні та стандартні значення похибок усіх змінних, визначених протягом трьох різних сезонів, представлені в табл. 1. Дослідження показало значні коливання температури, рН, провідності, TDS, жорсткості, лужності, вільного CO₂ і DO. При цьому варіювання показників середньої концентрації фосфору протягом трьох сезонів було несуттєвим. Середня концентрація DO протягом літнього (S) сезону була значно вищою ($6,68 \pm 0,3$ мг/л), ніж взимку (W) та в сезон дощів (R), при цьому жодних відмінностей у середніх значеннях нітратного азоту не зареєстровано. Така сама тенденція спостерігалася в показниках температури ($33,6 \pm 0,9$ °C), електропровідності ($395,5 \pm 52,2$ мкСм/см), TDS ($197,75 \pm 26,1$ мг/л), жорсткості ($145,5 \pm 22,7$ мг/л) і лужності ($158,3 \pm 22,9$ мг/л). Середнє значення рН було значно вищим протягом сезону дощів ($7,7 \pm 0,09$), ніж у два інших сезони (див. табл. 1).

Різноманіття водоростей

За весь період досліджень в оз. Гаджеді знайдено 93 види водоростей, що належать до 52 родів, 30 родин, 17 порядків і 7 класів з 6 відділів водоростей. Найрізноманітнішими виявилися *Bacillariophyta* (44,1%), менш різноманітними – *Chlorophyta* (17,2%), *Euglenozoa* (13,9%), *Cyanobacteria* (12,9%), *Charophyta* (10,7%) і *Miozoa* (1,1%). Серед класів найвищим видовим багатством вирізнялися *Bacillariophyceae* (43,01%), *Chlorophyceae* (17,2%), *Euglenophyceae* (13,9%), *Cyanophyceae* (12,9%), *Zygnematomphyceae* (10,75%), *Dinophyceae* (1,07%) та *Mediophyceae* (1,07%).

Розподіл родів за сезонами спостережень був нерівномірним. У зимовий сезон зареєстровано 46 родів водоростей, тоді як у дощовий та літній сезони – лише по 34 роди відповідно. Дев'ять родів зареєстровано виключно в зимовий сезон. Це *Bulbochaete*, *Caloneis*, *Coelastrum*, *Hippodonta*, *Iconella*, *Jaaginema*, *Limnolyngbya*, *Parvodinium* та *Tryblionella*. Лише під час сезону дощів було виявлено 4 роди: *Encyonema*, *Euglenaformis*, *Monomorphina* та *Placoneis*. *Mougeotia* та *Sellaphora* відмічені лише влітку.

Значення показників різноманітності водоростей за індексом Шеннона-Вайнера були вищими у літній сезон ($3,42 \pm 0,1$) порівняно з дощовим ($3,42 \pm 0,9$) та зимовим ($3,3 \pm 0,6$) сезонами. Види водоростей більш рівномірно були розподілені протягом сезону дощів ($0,80 \pm 0,02$), менш рівномірно – влітку ($0,83 \pm 0,0$) та взимку ($0,74 \pm 0,0$).

Влітку частота трапляння була найвищою у *Scenedesmus* та *Navicula* ($F = 90$) і найнижчою у *Euglena*, *Eunotia*, та *Merismopedia* ($F = 5$). В цей період максимальну рясність мали *Tetradesmus* ($D = 2,95$), *Trachelomonas* ($D = 0,95$) та *Ankistrodesmus* ($D = 0,85$), тоді як найменші значення цього показника ($D = 0,05$) відмічені у *Closterium*, *Pediastrum* та *Hantzschia*. У сезон дощів найчастіше траплялися *Nitzschia* та *Trachelomonas* ($F = 100$), *Gomphonema* ($F = 95$) і *Anagostidinema* ($F = 90$). Мінімальні значення частоти трапляння в цьому сезоні мали *Tetraspora*, *Euglena*, *Monomorphina* та *Phacus* ($F = 5$). Показники рясності в дощовий період були максимальними у *Trachelomonas* ($D = 3,2$), *Pinnularia* ($D = 1,55$) та *Scenedesmus* ($D = 0,95$), а мінімальними – у *Hantzschia*, *Euglena* та *Ankistrodesmus* ($D = 0,05$). Для зимового сезону характерними були максимально високі ($F = 100$) показники частоти трапляння у *Pinnularia*, *Desmodesmus*, *Trachelomonas* і мінімальні ($F = 5$) у *Nitzschia*, *Pediastrum*, *Peridium*, *Amphora* та *Coelastrum* (табл. 2). Найвищі показники рясності взимку мали *Nitzschia* ($D = 6,5$), *Pinnularia* ($D = 4,8$) та *Trachelomonas* ($D = 2,75$), найнижчі – *Euglena*, *Tetraëdron* та *Stauroneis* ($D = 0,05$).

Таблиця 1. Фізико-хімічні параметри води в озері Гаджеді в різні сезони 2021 р.
(S – літній, R – дощовий, W – зимовий)

Показник	Сезон	Середнє	Статистична похибка	F	p-value
Температура, °C	S	33,6	0,9	–	–
	R	30,1	0,4	89,52	0,001
	W	17,9	1,1	–	–
pH	S	7,1	0,1	–	–
	R	7,7	0,1	16,04	0,001
	W	7,1	0,1	–	–
Електропровідність, мкСм/см	S	395,5	52,3	–	–
	R	196,9	14,9	9,86	0,005
	W	286,4	7,5	–	–
TDS, мг/л	S	197,7	26,1	–	–
	R	98,4	7,5	9,86	0,005
	W	143,2	3,7	–	–
Жорсткість води, мг/л	S	145,5	22,7	–	–
	R	75,5	3,3	8,29	0,009
	W	142,2	5,9	–	–
Лужність, мг/л	S	158,3	22,9	–	–
	R	87,9	6,0	8,06	0,01
	W	155,1	5,0	–	–
Нітроген, мг/л	S	0,01	0	6,55	0
	R	0,01	0	–	–
	W	0,01	0	–	–
Фосфати, мг/л	S	0,2	0,1	1,12	0,37
	R	0,06	0	–	–
	W	0,1	0	–	–
Вільний CO ₂ , мг/л	S	0,2	3,2	26,41	0,0002
	R	8,8	0	–	–
	W	8,8	0	–	–
DO, мг/л	S	6,7	0,4	44,85	0,00
	R	5,9	0,1	–	–
	W	3,2	0,3	–	–
Нітрати, мг/л	S	0,05	0	6,55	0
	R	0,05	0	–	–
	W	0,05	0	–	–

Таблиця 2. Показники різноманітності та видового багатства водоростей в озері Гаджеді в різні сезони 2021 р.

Сезон	Індекс Шеннона-Вайнера	Видове багатство	Вирівняність
Літній	3,42 ± 0.1	19	0,80 ± 0,02
Дощовий	3,42 ± 0.9	17,62	0,83 ± 0,0
Зимовий	3,3 ± 0.6	22,12	0,74 ± 0,0

Кореляція між фізико-хімічними показниками води та видовим багатством водоростей в озері Гаджеді

Видове багатство показало значну негативну кореляцію з температурою ($p < 0,01$) та розчиненим киснем ($p < 0,05$). Температура підвищувалася зі збільшенням CO_2 і DO, тоді як значення рН зростало зі зменшенням провідності, TDS, жорсткості, лужності та CO_2 .

Провідність зростала зі збільшенням жорсткості, лужності, вмісту фосфору та CO_2 . Жорсткість води позитивно корелювала з лужністю, вмістом азоту та фосфору. Лужність води позитивно корелювала з вмістом азоту та фосфору. Концентрація фосфору зростала зі збільшенням CO_2 . CO_2 позитивно корелював з нітратами ($p < 0,05$). У той же час нітратний азот не виявив жодної кореляції між видовим багатством і параметрами води (табл. 3).

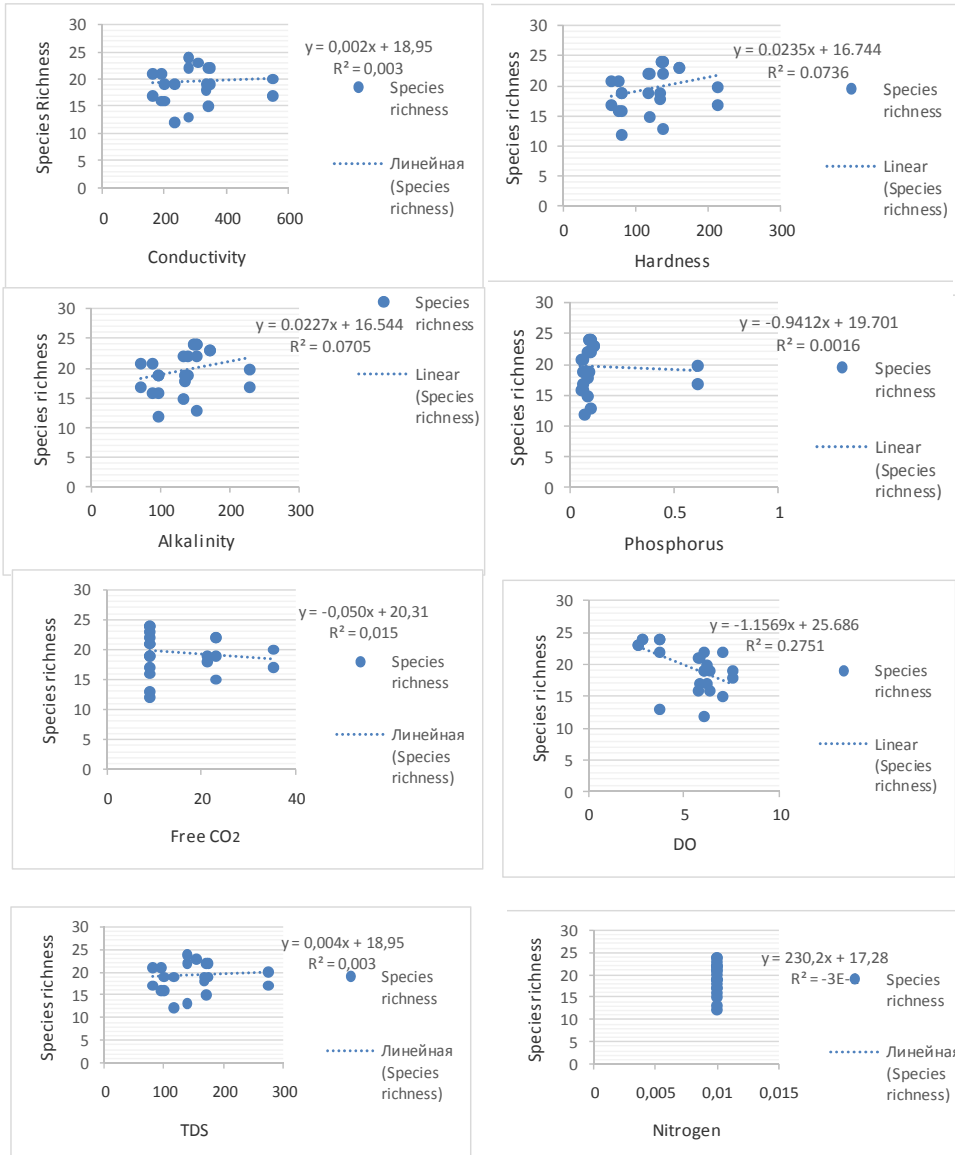
Таблиця 3. Кореляція між видовим багатством та фізико-хімічними показниками води в озері Гаджеді

	ВБ	°C	рН	ЕПР	TDS	ЖВ	Лужн.	Nitro.	Phos.	CO ₂	DO	Nitra.
ВБ	1.00											
°C	-0.46*	1.00										
рН	-0.38	0.37	1.00									
ЕПР	0.06	0.23	-0.63**	1.00								
TDS	0.06	0.23	-0.63**	1.00	1.00							
ЖВ	0.27	-0.17	-0.70**	0.89**	0.89**	1.00						
Лужн.	0.27	-0.18	-0.71**	0.90**	0.90**	0.99**	1.00					
Nitro.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00				
Phos.	-0.04	0.24	-0.33	0.84**	0.84**	0.77**	0.77**	0.00	1.00			
CO ₂	-0.12	0.62**	-0.41*	0.89**	0.89**	0.61**	0.61**	0.00	0.74**	1.00		
DO	0.52**	0.96**	0.36	0.14	0.14	-0.27	-0.28	0.00	0.10	0.54**	1.00	
Nitra.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Позначення: ВБ – видове багатство, °C – температура, ЕПР – електропровідність, TDS – загальна кількість розчинених твердих речовин, ЖВ – жорсткість води, Лужн. – лужність, Nitro. – загальний азот, Phos. – фосфор, DO – розчинений кисень, Nitra. – нітратний азот.

Залежність між фізико-хімічними показниками води та різноманітністю водоростей в оз. Гаджеді

Зв'язок видового різноманіття водоростей з параметрами води показав різні статистично значущі результати. Так, відмічена статистично значуща ($R^2 = 0,2078$) лінійна залежність між різноманітністю водоростей та температурою. Їхня різноманітність зростала зі зниженням температури і зменшувалася зі збільшенням рН, про що свідчить статистично значущий ($R^2 = 0,1466$) зв'язок між цими показниками. Також різноманіття водоростей зростало зі зменшенням провідності. Відмічена статистично значуща ($R^2 = 0,0037$) лінійна залежність між різноманітністю водоростей і провідністю (рис. 2).



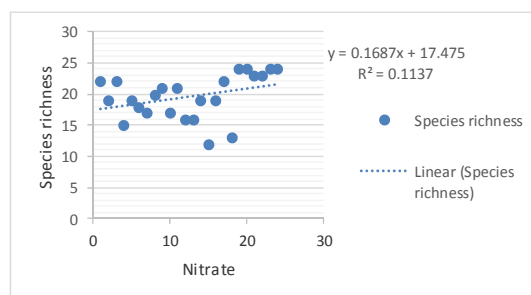


Рис. 2. Зв'язок видового різноманіття водоростей з окремими параметрами води в озері Гаджеді

Як видно з рис. 2, зареєстровано статистично значущий вплив на різноманіття водоростей таких показників, як TDS, жорсткість, лужність, вміст азоту і фосфору, концентрація вуглекислого газу та розчиненого кисню у воді. Зокрема, між показниками TDS та жорсткості води й видовим різноманіттям існує зворотня залежність: різноманіття водоростей зростало, коли показники TDS ($R^2 = 0,037$) та жорсткості ($R^2 = 0,0736$) зменшувалися.

Простежується статистично значуща ($R^2 = 0,0705$) лінійна залежність між різноманітністю водоростей і лужністю. Різноманітність водоростей зростала за нормальної лужності води в межах 100–150. Зафіксовано статистично значущу лінійну залежність між різноманітністю водоростей і азотом ($R^2 = -8E-16$) та фосфором ($R^2 = 0,0016$) і CO_2 ($R^2 = 0,0156$). Так, різноманітність водоростей зростала зі зменшенням вмісту фосфору та концентрації CO_2 . Збільшення вмісту розчиненого кисню у воді, навпаки, призводило до зростання альгорізноманіття ($R^2 = 0,275$). Простежується статистично значущий лінійний зв'язок між різноманіттям водоростей і нітратами.

DCA аналіз між змінними середовища та видовим багатством водоростей

DCA аналіз видового багатства родів водоростей за фізико-хімічними параметрами води показав, що власні значення поступово зменшуються від DCA1 до DCA4 відповідно. Довжина градієнта першої осі становила 0,81, що свідчить про високу плинність видового складу або високе β -різноманіття серед ділянок. Перша та друга осі графіка мають відповідні власні значення 0,007873 та 0,05198, що пояснюється 0,78% та 5,1% варіації. Довжина градієнта осей DCA1, DCA2, DCA3 і DCA4 була меншою за 2,5, що не підтримує виконання аналізу CCA. Тому для відповідних даних ми провели аналіз надмірності (RDA), що представляє сезонний розподіл родів водоростей щодо змінних навколишнього середовища (табл. 4, рис. 3).

Таблиця 4. Підсумок біплотних балів RDA

Сезон	Власні значення							
	Зв'язані осі				Незв'язані осі			
	RDA ₁	RDA ₂	RDA ₃		PC ₁	PC ₂	PC ₃	PC ₄
Літній	279,2	208,71	34,88		369,1	78,2	21,2	12,5
Дощовий	896,4	204,6	106,4		984,4	464	262,3	38,5
Зимовий	896,4	204,6	106,4		984,4	464	262,3	38,5

Аналіз надмірності (RDA)

В аналізі RDA стрілки представляють змінні навколишнього середовища. Довжина стрілок вказує на ступінь поширення видів відповідно до змінних навколишнього середовища. Відстань між видами та ділянкою відображає їхній взаємозв'язок. Невелика відстань вказує на високу та відносну рясність видів на ділянці, відстань між різними видами – на ступінь дивергенції розподілу (рис. 4).

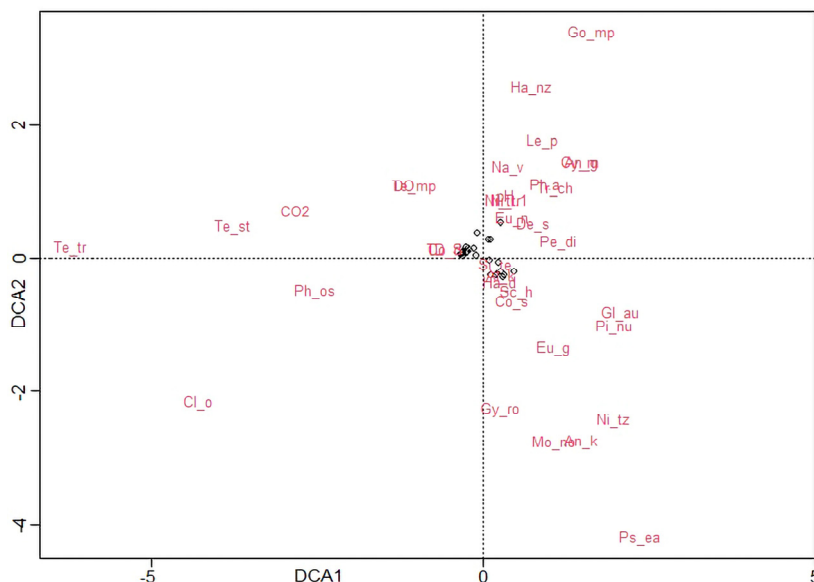


Рис. 3. Діаграма DCA, що представляє сезонний розподіл родів водоростей

Позначення. Тут і на рис. 4: Eug. – *Euglena*, Eun. – *Eunotia*, Glau. – *Glaucospira*, Gomp. – *Gomphonema*, Gyro. – *Gyrosigma*, Hanz. – *Hantzschia*, Lep. – *Lepocinclis*, Mono. – *Monoraphidium*, Nav. – *Navicula*, Nitz. – *Nitzschia*, Pha. – *Phacus*, Pinu. – *Pinnularia*, Trch. – *Trachelomonas*, Pseu. – *Pseudanabaena*, Tetr. – *Tetradesmus*, Test. – *Tetrastrum*, Sch. – *Schroederia*, Pedi. – *Pediastrum*, Ang. – *Anagnostidinema*, Ank. – *Ankistrodesmus*, Clo. – *Closterium*, Cos. – *Cosmarium*, Cym. – *Cymbella*, Des. – *Desmodesmus*.

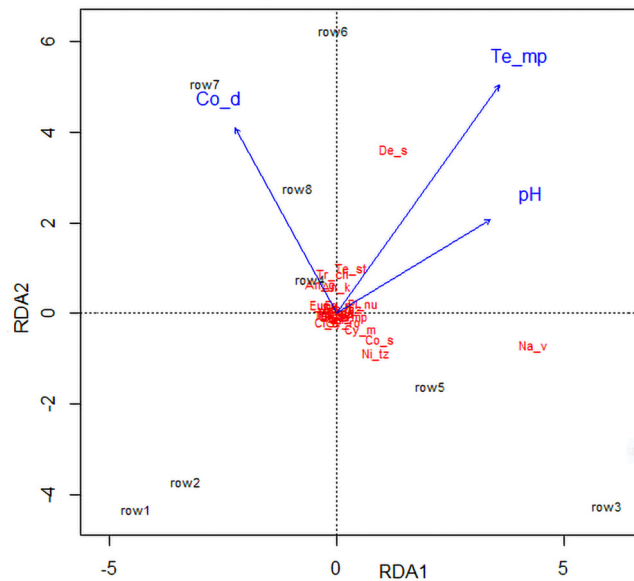


Рис. 4. RDA коробковий графік родів водоростей та змінних параметрів середовища протягом літнього сезону

Вісь 1 RDA не показує екологічні зміни протягом літнього сезону. Власне значення її становило 279,20 і свідчило про відсутність дисперсії видів уздовж цієї осі. Вісь 2 RDA вказує на вплив електропровідності, температури та pH. Власне значення осі становило 208,72 і свідчило про низьку дисперсію видів уздовж цієї осі.

Desmodesmus, *Tetrastrum*, *Pinnularia* та *Ankistrodesmus* показали високу рясність при підвищенні/зниженні температури та pH, у той час як *Cymbella*, *Cosmarium*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Closterium* та *Gomphonema* не виявили жодної реакції на коливання змінних середовища. Види *Trachelomonas*, *Eunotia* та *Euglena* були більш сконцентровані у напрямку високої/низької провідності (рис. 5).

Під час дощового та зимового сезонів вісь 1 RDA показує електропровідність як змінну середовища. Власне значення RDA осі 1 становило 896,4 і свідчило про відсутність дисперсії видів уздовж цієї осі. Вісь 2 RDA вказує на вплив pH і температури та pH як змінних параметрів середовища. Власне значення RDA осі 2 становило 204,6 і пояснювало дисперсію видів уздовж цієї осі.

Nitzschia показала позитивний взаємозв'язок із електропровідністю, у той час як *Trachelomonas* негативно реагував на зміни pH, температури та електропровідності. *Gomphonema* та *Anagnostidinema* мали високу рясність стосовно pH та температури. *Pinnularia*, *Eunotia*, *Cymbella*, *Closterium*, *Cosmarium*, *Navicula* та *Ankistrodesmus* потребували pH, температури та електропровідності для сприятливих умов існування.

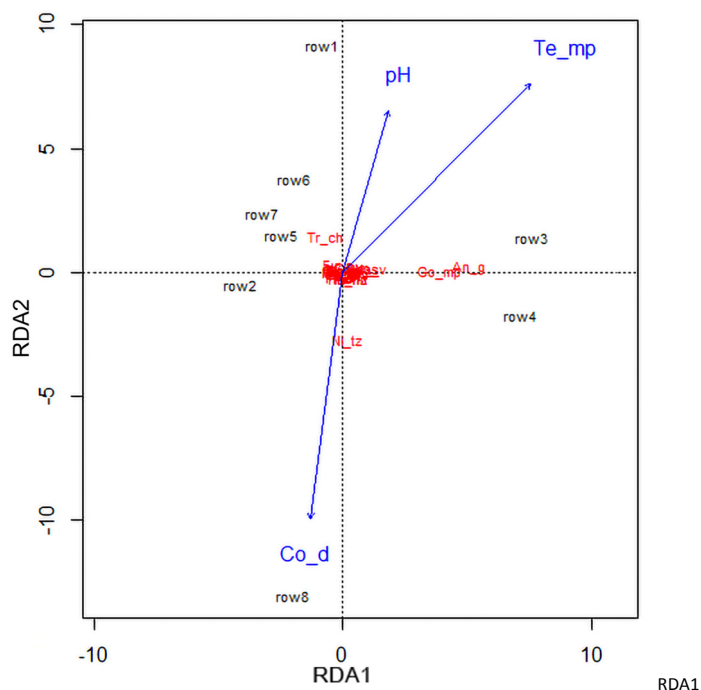


Рис. 5. RDA коробковий графік родів водоростей та змінних параметрів середовища протягом зимового та дощового сезонів

Обговорення

Сезонні коливання фізико-хімічних показників води

Широкомасштабні дослідження показали вирішальну роль, яку відіграють фізико-хімічні умови як основний рушій кожної екосистеми. Зміни температури поверхневої води можуть бути спричинені такими факторами, як температура повітря, прозорість атмосфери та сезонний вплив (Manjare et al., 2010).

У нашому дослідженні температура води була високою в літній сезон, подібно до даних інших авторів (Shankar et al., 2010; Offem et al., 2011; Pawar, Shembekar, 2012; Thapa, Saund, 2012; Chaudhary, Devkota, 2018). Сезонна зміна температури води була пов'язана зі зміною температури повітря. Температура позитивно корелювала з рН, електропровідністю, TDS, фосфором, CO_2 і концентрацією розчиненого кисню у воді й негативно корелювала з жорсткістю та лужністю. У зимовий сезон було відмічено найвище різноманіття водоростей. Результати нашого дослідження частково співпадають з літературними даними (Fonseca, de Mattos Bicudo, 2011; Khatoon et al., 2013; Yuan et al., 2014) стосовно позитивної кореляції температури з показниками рН, вільного CO_2 ,

розчиненого кисню та TDS, проте відносно жорсткості та лужності води результати відрізнялися. у сезон дощів показники рН були високими. Причиною цього може бути збільшення швидкості фотосинтетичної активності, що призводить до зниження концентрації CO₂ і бікарбонату (Manjare et al., 2010). Коливання рН пояснюють спільні дії вивільнення іонів і буферної здатності води. Показники рН позитивно корелювали з концентрацією розчиненого кисню і негативно – з провідністю, TDS, жорсткістю, лужністю, фосфором і CO₂. Подібний результат отримано у нижній частині водосховища Манейр району Карімнагар, Андра-Прадеш (Thirupathaiiah et al., 2012; Chaudhary, Devkota, 2018), але середній рН водойми показав інші результати порівняно з даними Niroula et al. (2010) у ставку Бетана. Khatoon та ін. (2013) також описали подібний результат, за винятком концентрації розчиненого кисню. Дослідження Dixit et al. (2015) підтвердили позитивну кореляцію з електропровідністю та негативну – з іншими параметрами.

Значення електропровідності води в оз. Гаджеді були високими в літній сезон і відповідали результатам Pokhrel et al. (2021), на відміну від даних Thapa, Saund (2012) і Gautam, Bhattarai (2008). Провідність позитивно корелювала з температурою, рН, TDS, нітратами, CO₂, DO, лужністю та фосфором, але не була пов'язана з азотом та нітратами, що відповідає результатам Khatoon et al. (2013), за виключенням кореляції з нітратним азотом. Середня провідність води в озері, вочевидь, зростає, нижча провідність у вологий сезон може бути пов'язана з розбавленням води під час опадів (Singh et al., 2010).

Показники загальної кількості розчинених твердих речовин (TDS) в озері були вищими у літній сезон, що відповідає даним Chaudhary, Devkota (2018), але відрізняються від результатів, зареєстрованих у ставку Бетана у Східному Непалі (Niroula et al., 2010). TDS показав позитивну кореляцію з температурою, рН, провідністю та жорсткістю води, але не корелює з нітратним азотом. Khatoon et al. (2013) також показали іншу кореляцію з нітратами. Рівень TDS у воді може збільшуватися в результаті інтенсифікації антропогенного впливу (Senthilkumar, Sivakumar 2008).

Значення лужності виявилися високими у сухий сезон, що відповідало даним інших дослідників (Pawar, Shembekar, 2012; Chaudhary, Devkota, 2018; Pokhrel et al., 2021). Високі показники лужності влітку можна пояснити сезонним зменшенням об'єму води. Лужність позитивно корелює з фосфором, а CO₂ – з DO. Жорсткість води в озері також була найвищою у літній сезон, що співпадає з даними Pawar, Shembekar (2012) та Chaudhary, Devkota (2018). Це може бути пов'язане з вищою температурою, яка сприяє збільшенню концентрації солей через надмірне випаровування. Жорсткість

позитивно корелює з вільним CO₂, температурою, TDS, провідністю та фосфором, але негативно корелює з DO. Значення DO було трохи вищим у літній сезон, такий же результат отримали Thirupathaiiah et al. (2012) та Chaudhary, Devkota (2018).

DO показує позитивну кореляцію з температурою, рН і TDS та негативну – з видовим багатством, жорсткістю та лужністю, за винятком нітратного азоту. Найвище значення вільного CO₂ зафіксовано в літній сезон. Подібний результат отримали Chaudhary, Devkota (2018) та Thapa, Saund (2012), але середній вільний CO₂ у досліджуваній водоймі, здається, збільшився. Це може бути наслідком розкладання органічної речовини, що призводить до швидкого утворення вільного CO₂. Під час сухого сезону через повільне розкладання органічної речовини вироблення CO₂ зменшується (Patra et al., 2010). Вільний CO₂ позитивно корелює з температурою та DO. Показники фосфору були високими у літній сезон, що співпадає з даними Chaudhary, Devkota (2018), але вони відрізняються від отриманих Rawar, Shembekar (2012). Високі концентрації фосфору під час вологого сезону можуть бути спричинені сільськогосподарським стоком, який несе добрива, збільшуючи вміст поживних речовин у водоймі, а нижчі концентрації фосфору під час посушливого сезону можна пояснити високою швидкістю його накопичення макрофітами та фітопланктоном. Аналогічний результат отримали Chaudhary, Devkota (2018). Фосфати мали позитивну кореляцію з вмістом вільного CO₂ і DO та негативну – з температурою, TDS, провідністю та лужністю. Показники азоту та нітратів показали значущу різницю та не виявили кореляції з іншими параметрами та видовим багатством водоростей.

Сезонний склад водоростей і вплив показників води

Наше дослідження показало, що різноманіття водоростей було найвищим взимку, менш різноманітне – у сезон дощів і влітку. Подібний результат отримали Tiwari, Chauhan (2006) та Fonseca, de Mattos Bicudo (2011). Клас *Bacillariophyceae* займав перше місце за видовим багатством протягом трьох сезонів, далі – *Chlorophyceae* > *Cyanophyceae* > *Euglenophyceae* > *Zygnematophyceae* > *Dinophyceae* та *Mediophyceae*. Хоча зимовий сезон загалом не є сприятливим для розвитку водоростей, представники класів *Bacillariophyceae* та *Chlorophyceae* все ж мали помітні показники. Провідну роль *Bacillariophyceae* відмічали також інші дослідники (Tiwari, Chauhan, 2006; Nasser, Sureshkumar, 2014).

Стосовно трапляння видів у різні сезони, то більшість з них були спільними для всіх сезонів спостереження, що могло бути пов'язано з їхньою стійкістю до зміни умов оточуючого середовища та здатністю

переносити зміну сезонів. Максимальна кількість зареєстрованих видів припадала на зимовий сезон. Отже, водорості продемонстрували рясний розвиток при дещо низькій температурі, помірних показниках рН, DO, TDS та провідності води.

Певні види водоростей показали чіткі сезонні моделі їх появи. Протягом зимового сезону повідомлялося виключно про ці роди, що можна пояснити їхнім фізіологічними пристосуванням до умов, що характеризуються низькими значеннями температури, вільного CO₂, фосфору, розчиненого кисню і рН, а також високими показниками електропровідності, загальної кількості розчинених твердих речовин (TDS), жорсткості та лужності води.

Навпаки, в сезон дощів спостерігаються виключно інші види водоростей, що можна пояснити їх приуроченістю до умов навколишнього середовища, які характеризуються високою температурою, рН і DO, а також низькою провідністю, TDS, жорсткістю та лужністю.

Деякі види водоростей були відмічені виключно протягом літнього сезону, оскільки демонструють оптимальний ріст в умовах, що характеризуються високою температурою, провідністю, TDS, жорсткістю, лужністю, вільним CO₂, фосфором і помірним рН. Ці сезонні переваги та адаптації сприяють динамічному та різноманітному поширенню водоростей у різних середовищах протягом року.

Значне переважання за частотою трапляння взимку представників *Bacillariophyceae* та *Chlorophyceae* подібне до відміченого Tiwari, Chauhan (2006). В зимових пробах найчастіше траплялися представники *Gomphonema*, *Pinnularia* та *Cosmarium*. У сезон дощів найвища частота трапляння зареєстрована у *Phacus*, *Trachelomonas* і *Nitzschia*, а влітку найпоширенішими були *Pseudanabaena* та *Anagostidinema*. Найвища рясність у представників *Gomphonema*, *Pinnularia* та *Cosmarium* протягом усіх сезонів спостереження, можливо, є доказом їхньої стійкості та толерантності як до суворих, так і до сприятливих умов для їх росту та розмноження.

Зв'язок між різноманіттям водоростей, фізико-хімічними параметрами та сезонними коливаннями екологічних умов

Видове багатство продемонструвало позитивну кореляцію з провідністю, TDS, жорсткістю та лужністю води та негативно корелювало з температурою, рН, фосфором, вільним CO₂ та DO, тоді як азот і нітрати не виявляли кореляції з багатством видів. Подібні результати отримані іншими дослідниками (Sharma, Singh, 2018; Pokhrel et al., 2021).

У літній сезон широко поширеними були представники родів *Trachelomonas*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Tetrastrum*, *Gomphonema* та *Desmodesmus*.

Під час сезону дощів максимальну частоту трапляння мали види *Anagnostidinema*, *Navicula*, *Desmodesmus*, *Pinnularia*, *Pseudanabaena* та *Trachelomonas*. Взимку найбільше багатство показали *Trachelomonas*, *Tetradesmus*, *Pseudanabaena*, *Pinnularia*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Desmodesmus* та *Cosmarium*. Tiwari, Chauhan (2006) отримали подібний результат, відмітивши високе багатство класів *Bacillariophyceae* та *Chlorophyceae* під час сухого сезону. Розповсюдження видів *Bacillariophyceae* протягом сухого сезону можна пояснити значним накопиченням TDS на відміну від вологого сезону, оскільки TDS потенційно сприяє росту *Bacillariophyceae* (Singh et al., 2010).

Регресійний аналіз показав, що кількість видів водоростей збільшується зі зниженням температури, рН, провідності, жорсткості, TDS, лужності, фосфору, вільного CO₂ та нітратів і зменшується зі збільшенням рН, тоді як зміни показників нітратного азоту не впливають на видове багатство.

Ординація RDA показала, що склад водоростей змінюється залежно від фізико-хімічних параметрів зі зміною сезонів. Температура, рН і провідність були визначені як суттєві фактори для поширення видів водоростей. Температура та рН відіграють величезну роль у розвитку водоростей (Manigandan et al., 2018).

Заключення

Середні значення показників температури води, електропровідності, TDS, жорсткості, лужності, фосфору, вільного CO₂ і DO були вищими в літній сезон, тоді як середні значення рН підвищувалися в сезон дощів. Максимальна кількість видів водоростей зареєстрована в зимовий період, коли відмічалася вища концентрація поживних речовин у воді. Це свідчить про те, що фізико-хімічні властивості води могли сприяти розвитку водоростей.

Більшість зареєстрованих видів зустрічалися протягом усіх сезонів спостереження завдяки їхній стійкості та здатності переносити суворі умови та сезонні зміни умов навколишнього середовища. Видове різноманіття розподілялося між класами водоростей у порядку зменшення: *Bacillariophyceae* > *Chlorophyceae* > *Суанophyceae* > *Euglenophyceae* > *Zygnematorphyceae* > *Dinophyceae* > *Mediophyceae*. Максимальна кількість видів водоростей позитивно сприймала низьку температуру, помірну провідність, TDS, жорсткість, лужність і DO. Представники класів

Bacillariophyceae і *Chlorophyceae* протягом зимового сезону мали вище різноманіття. Високі показники рН, низька провідність і низький рівень вільного CO₂ виявилися сприятливими умовами середовища для класів *Bacillariophyceae* і *Euglenophyceae*.

Ординація RDA вказує на зв'язок між видовим складом водоростей та фізико-хімічними параметрами води в різні сезони. Різноманіття водоростей виявилось більшим у зимовий період. Кількість видів водоростей змінювалася залежно від сезону через коливання хімічних параметрів.

Автори вдячні професору, доктору Умешу Коїралі, колишньому завідувачу кафедри ботаніки університетського містечка Трібхуван, Біратнагар за надання лабораторних приміщень, а також Комісії університетських грантів Непалу за грант, наданий для проведення даної роботи.

Список літератури

- Chaudhary R.K., Devkota A. 2018. Evaluation of limnological status of Jagadisapur reservoir, Kapilvastu District, Nepal. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.* 6(3): 255–260.
- Croasdale H., Flint E.A., Racine M.M. 1994. *Flora of New Zealand, Fresh water algae, chlorophyta, desmids with ecological comments on their habitat.* Vol. III. Canterbury: Lincoln, New Zealand. 218 p.
- Deshikachary T.V. 1959. *Cyanophyta.* In: *Monograph in Algae.* New Delhi: I.C.A.R. Pp. 1–686 p.
- Dhakal K.S., Saud D.S., Joshi N. 2019. Wetland flora of Rupandehi District. *J. Plant Res.* 16(1): 1–17.
- Dhakal S., Chalise P., Thapa T.K., Rai S.K. 2020. Algal flora of Gajedi Lake, Rupandehi District, Central Nepal. *J. Plant Res.* 18(1): 27–38.
- Dixit A.K., Panday S.D.K., Meheta R., Ahamed N.G., Pandey J. 2015. Study of physico-chemical parameters of different pond water of Bilaspur District, Chhattishgarh, India. *Environ. Skeptics Critics.* 4(4): 85–89.
- Fonseca B.M., de Mattos Bicudo C.E. 2011. Phytoplankton seasonal and vertical variations in a Tropical Shallow Reservoir with abundant macrophytes Ninfeias pond, Brazil. *Hydrobiologia.* 665(1): 229–245.
- Gautam B., Bhattarai B. 2008. Seasonal changes in water quality parameters and sediment nutrients in Jagadisapur Reservoir, a Ramsar site in Nepal. *Nepal J. Sci. Technol.* 9: 149–156.
- Godar K., Rai S.K. 2018. Fresh water green algae from Raja-Rani Lake, Bhogateni-Letang, Morang, Nepal. *J. Plant Res.* 16(1): 1–17.

- Guiry M.D. 2012. How many species of algae are there? *J. Phycol.* 48(5): 1057–1063.
- Hajong P., Ramanujam P. 2018. Seasonal variation in algal diversity and productivity in Dachi Lake, Meghalaya. *J. Algal Biomass Util.* 9(2): 9–24.
- Jayagoudar S., Bhat A., Magdum A., Sakreppagol D., Murgod L. 2020. Assessment of diversity and physico-chemical parameters of cyanobacteria, diatoms and other algal species in the paddy fields of Belagavi District, Karnataka. *Plant Sci.* 7: 378–382.
- Karthick B., Hamilton P.B., Kocielek J.P. 2013. *An illustrated guide to common diatoms of Peninsular India*. Gubbi: Gubbi Labs. 206 p.
- Khatoon N., Khan A.H., Rehman M., Pathak V. 2013. Correlation study for the assessment of Water quality and its parameters of Gangariver, Kanpur, Uttarpradesh, India. *J. IOSR Appl. Chem.* 5(3): 80–90.
- Manigandan V., Yosuva M., Saravanakumar A., Machendiranathan M. 2018. Seasonal influence of physico-chemical parameters on phytoplankton diversity, community structure and abundance at Parangipettai Coastal waters, Bay of Bengal, South East Coast of India. *Oceanologia.* 60(2): 114–127.
- Manjare S.A., Vhanalakar S.V., Muley D.V. 2010. Analysis of water quality using physico-chemical parameters Tamdolge tank in Kolhapur district, Maharashtra. *Int. J. Adv. Biotechnol.* 1(2): 115–119.
- Nasser K.M., Sureshkumar S. 2014. Seasonal variation and biodiversity of phytoplankton in Parambikulam reservoir, Western Ghats, Kerala. *Int. J. Pure Appl. Biosci.* 2(3): 272–280.
- Niroula B., Singh K.L.B., Thapa G.B., Pal J. 2010. Seasonal variations in physico-chemical properties and biodiversity in Betana pond, Eastern Nepal. *Our Nat.* 8(1): 212–218.
- Offem B.O., Ayotunde E.O., Ikpi G.U., Ochang S.N., Ada F.B. 2011. Influence of season on water quality, abundance of fish and plankton species of Ikwori Lake, South-Eastern Nigeria. *Fisher. Aquacult. J.* 13: 1–18.
- Patra A., Santra K.B., Manna C.K. 2010. Limnological study related to physico-chemical characteristic of water of Santraghachi and Joypur Jheel, W.B., India. *Our Nat.* 8(1): 185–203.
- Pawar S.B., Shembekar V.S. 2012. Studies on the physico-chemical parameters of reservoir at Dhanegoan District, Osmanabad (M.S), India. *J. Exp. Sci.* 3(5): 51–54.
- Philipose M.T. 1967. *Chlorococcales*. In: *Monograph on algae*. New Delhi: I.C.A.R. Pp. 1–365.
- Pokhrel S., Ghimire N.P., Rai S.K. 2021. Seasonal variations of algal diversity with reference to water quality in Jagadishpur Reservoir, Nepal. *Limnol. Rev.* 21(4): 189–199.
- Rai S.K. 2011. Algal flora of Betana wetland, Morang, Nepal. *Nepal. J. Biosci.* 1: 104–113.
- Rai S.K. 2013. Algal flora of Koshi tappu wildlife reserve including some new species to Nepal. *Nepal. J. Integrat. Sci.* 3: 26–32.
- Rai D.R., Rai S.K. 2018. Fresh water algae (excluding diatoms and red algae) from Hasina wetland, Sundar Haraicha, Morang, Nepal. *Himal. J. Sci. Technol.* 2: 1–12.

- Rai S.K., Paudel S. 2019. Algal flora of Jagdishpur tal, Kapilvastu, Nepal. *J. Plant Res.* 17(1): 6–20.
- Rai S.K., Dhakal S. 2020. *Algal floral of Nepal*. Vol. 1. *Cyanobacteria*. Nat. Herbar. Plant Lab., Godawari, Lalitpur, Dep. Plant Res., Min. Forest Environ., Gover. Nepal. 322 p.
- Rai S.K., Ghimire N.P. 2020. Algal explorations in Nepal. In: *Plant diversity in Nepal*. Kathmandu: Bot. Soc. Nepal. Pp. 16–40.
- Rajopadhyaya R., Rai S.K. 2019. Additional algae (excluding cyanobacteria) of Bagh-Jhoda wetland, Morang, Nepal. *Nepal. J. Biosci.* 9(1): 54–74.
- Rani R., Sivakumar K. 2012. Physico-chemical parameter and Phytoplankton richness in certain ponds of Chidambaram, Cuddalore district of Tamil Nadu. *Int. J. Res. Environ. Sci. Technol.* 2(2): 35–44.
- Reynolds C.S. 1988. The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 23: 683–691.
- Roka D., Rai S.K., Ghimire N.P. 2022. Seasonal variations of algal diversity in response to water quality at Beeshazari Lake, Tropical low land, Nepal. *Pak. J. Bot.* 54(4): 1445–1452.
- Senthilkumar R., Sivakumar K. 2008. Studies on phytoplankton diversity in response to abiotic factor in Veeranam lakes in the Cuddalore District of Tamil Nadu. *J. Environ. Biol.* 29(5): 747–752.
- Shankar R., Ramkumar L., Rajkumar M., Sun J., Ananthan G. 2010. Seasonal variations in physico-chemical parameters and heavy metals in water and sediments of Uppanar estuary, Nagapattinam, India. *J. Environ. Biol.* 31(5): 581–686.
- Sharma R.C., Singh S. 2018. Water quality and phytoplankton diversity of high altitude land, Dodi Tal of Garhwal Himalaya, India. *Biodivers. Int. J.* 2(6): 484–493.
- Shinde S.E., Pathan T.S., Sonawane D.L. 2012. Seasonal variations and biodiversity of phytoplankton in Harsool-Savangi dam, Aurangabad, India. *J. Environ. Biol.* 33(3): 643–647.
- Shrestha G., Rai S.K. 2017. Algal flora of Rajarani Lake, Dhankuta and their seasonal distribution. *Our Nat.* 15(1–2): 44–54.
- Shrestha S., Rai S.K., Dhakal M.R. 2013. Algae of Itahari Municipality and its adjoining area, eastern Nepal. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.* 1(1): 5–10.
- Singh M., Gupta A., Beeteswari K. 2010. Physio-chemical properties of water samples from Manipur River system, India. *J. Appl. Sci. Environ. Manag.* 14(4): 85–89.
- Stevenson R.J., Smol J.P. 2003. Use of algae in environmental Assessments in fresh water algae of North America. In: *Freshwater Algae of North America*. Amsterdam: Elsevier Inc. Pp. 775–804.
- Thapa J.B., Saund T.B. 2012. Water quality parameters and bird diversity in Jagdishpur Reservoir, Nepal. *Nepal J. Sci. Technol.* 13(1): 172–180.
- Thapa M.S., Poudel G. 2018. Assessing the coverage of urban area space in Butwal Sub-Metropolitan city, Nepal. A GIS based approach. *J. Inst. For.* 15: 77–86.

- Thirupathaiah M., Samatha C.H., Sammaiah C. 2012. Analysis of water quality using physico-chemical parameters in lower manair reservoir of Karimnagar District, Andra Pradesh. *Int. J. Environ. Sci.* 3(1): 172–180.
- Tiwari A., Chauhan S.V.S. 2006. Seasonal phytoplankton diversity of Kitham Lake, Agra. *J. Environ. Biol.* 27(1): 35–38.
- Volterra L., Boualam M., Menesguen A., Duguet J.P., Duchemin J., Bonnefoy X. 2002. *European commission eutrophication and health Luxembourg*. Office Official Publ. Eur. Commun. ISBN92-894-4413-4.
- Wojtal A.Z. 2009. The diatoms of Kobylanka stream near Krakow (Wyzyna Krakowsko-Czestochowska upland Poland). *Pol. Bot. J.* 54(2): 129–330.
- Xavier J., Jose J. 2020. Study of mineral and nutritional composition of some seaweeds found along the coast of Gulf of Mannar, India. *Plant Sci. Today.* 7(4): 631–637.
- Yuan M., Zhang C., Jiang Z., Guo S., Sun J. 2014. Seasonal variations in phytoplankton community structure in the Sanggou, Ailian and Lidao Bays. *J. Ocean Univ. China.* 13: 1012–1024.

Pushpa Poudel¹, Narayan Prasad Ghimire², Shiva Kumar Rai¹

¹ Phycology Research Lab., Department of Botany, Degree Campus, Tribhuvan University, Biratnagar, Nepal

² Central Department of Botany, Tribhuvan University, Kirtipur, Kathmandu, Nepal

Algal diversity and its relationship with seasonal variation of water quality in Gajedi Lake, Rupandehi District (Nepal)

The current study focuses on the algal diversity of Gajedi Lake in different seasons in connection to the lake's water quality indicators. Algae and water samples were collected from eight peripheral sites of the lake in summer, rainy, and winter seasons in 2021. The water temperature, conductivity, total dissolved solids, hardness, alkalinity, phosphorus, free CO₂, and dissolved oxygen were recorded as high during the summer season while water pH was high during the rainy season. Altogether 93 species of algae were reported under 52 genera, 30 families, 7 classes and 6 phyla in this study. The largest phylum was *Bacillariophyta* (44.08%) followed by *Chlorophyta* (17.20%), *Euglenozoa* (10.97%), *Cyanobacteria* (12.90%), *Charophyta* (10.75%) and *Miozoa* (1.07%). The Shannon-Weiner diversity index indicated high abundance during the summer season, with more evenly distributed algal species. More algal species were recorded in the winter season. *Trachelomonas*, *Navicula*, and *Nitzschia* were dominant genera during summer;

Anagostidinema, *Desmodesmus*, and *Pinnularia* were dominant during rainy; and *Trachelomonas*, *Tetradesmus*, and *Gomphonema* were dominant during winter. The redundancy analysis ordination showed that the algal composition varied along with the seasonal changes in physico-chemical parameters. Temperature, pH, and conductivity were thus identified as significant factors influencing species richness.

Key words : algal composition, diversity index, physico-chemical parameters, Nepal

Citation. Pushpa Poudel, Narayan Prasad Ghimire, Shiva Kumar Rai. 2024. Algal diversity and its relationship with seasonal variation of water quality in Gajedi Lake, Rupandehi District (Nepal). *Algologia*. 34(3): 227–248. <https://doi.org/10.15407/alg34.03.227>