Archive of SID

مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

شناسایی جلبک‌های سبز-آبی و بررسی روابط اکولوژیک آنها در چشمه‌ی آب گرم چاه احمد از استان هرمزگان

میترا آرمان [۱و۲*]، حسین ریاحی[۱]، علی سنبلی[۳]

[۱] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

[۲] گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵

[۳] گروه زیست شناسایی، پژوهشکده مواد اولیه و گیاهان دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۳/۰۳/۲۲
اصلاح: ۹۳/۰۶/۲۰
پذیرش: ۹۳/۰۶/۲۵

کلمات کلیدی:
آزمون CCA
سیانوباکتری
چشمه آب گرم
هرمزگان

چکیده

مطالعه حاضر به بررسی فلوریستیکی و اکولوژیکی جلبک‌های سبزآبی چشمه آب گرم چاه احمد واقع در استان هرمزگان پرداخته است. آنالیز فیزیکوشیمیایی آب این چشمه نیز به علت تأثیری که بر روی ترکیب گونه‌ای می‌گذارد انجام گرفت. نمونه‌ها در شیب‌های مختلف دما جمع آوری شده و با استفاده از فرمالین ۴٪ تثبیت شدند. برای شناسایی جلبک‌های سبز- آبی موجود در توده‌های نمونه برداری شده از کلیدهای شناسایی معتبر و نیز جدیدترین مقالات مورفولوژیک مرتبط به این شاخه از جلبک ها استفاده شد. به منظور شناسایی، ابتدا صفات رویشی و زایشی کلیدی و تعیین کننده مربوط به هر جنس مانند شکل، رنگ و اندازه سلول، کلنی، تال و تریکوم، شکل، اندازه و رنگ سلول‌های رویشی، شکل سلول رأسی، وجود غلاف و سایر خصوصیات مورفولوژیک مشخص شد. بیشترین تنوع فلور جلبکی در این چشمه در دماهای پایین مشاهده گردید. از میان گونه‌های مشاهده شده گونه‌های *Jaaginema angustissimum*، *Jaaginema pseudogeminatum* و *Jaaginema geminatum* در همه شرایط دمایی در این چشمه حضور داشتند. جهت یافتن ارتباط بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی محیط با پراکنش گونه‌ها آنالیز CCA انجام گرفت و مشخص شد که عواملی مانند pH، DO ، دما و عناصری مانند Na ، K، Ca و ترکیباتی مانند No_3، So_4، وPo_4 با پراکنش گونه‌ها مرتبط می‌باشند.

مقدمــه

جلبک‌های سبز- آبی همچنین با نام‌های سیانوفیت، باکتری‌های سبز- آبی، سیانوباکتر و سیانوپروکاریوت خوانده می‌شوند. این موجودات پروکاریوت‌های فتوسنتتیک تولید کننده اکسیژن هستند که هم خصوصیات باکتریهای پروکاریوت و هم خصوصیات جلبک‌های یوکاریوت را دارا می باشند. ساختار و ترکیبات سلولی آنها به دلیل نداشتن ساختار هسته ای و اندامک‌های سازمان یافته، همچنین ترکیبات سلولی ویژه اساساً شبیه باکتری‌های گرم منفی می‌باشد (Stanier and Cohen-Bazire, 1977; Van De Hoek *et al*., 1995; Castenholz, 2001; Kalaitzis *et al*., 2009, Sakamoto and Bryant, 1997) ولی از طرفی بر خلاف نمونه‌های تیپیک پروکاریوت، آنها دارای کلروفیل و چندین رنگدانه فرعی می‌باشند

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: Mitraarman2003@yahoo.com

www.SID.ir

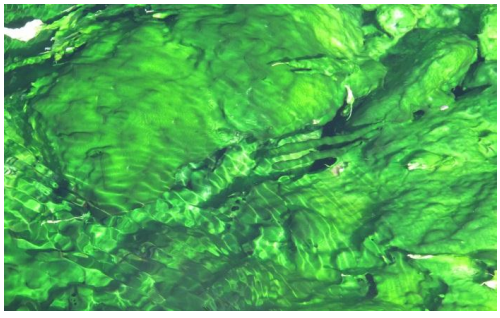
Archive of SID

که آنها را قادر می‌سازد دارای دو فتوسیستم ۱ و ۲ باشندکه منجر به تولید اکسیژن از تجزیه آب می شود. البته جلبک‌های سبز- آبی می‌توانند تنها با داشتن مرحله یک نوری فتوسنتز، فتوسنتز غیراکسیژنی داشته باشند (Madigan *et al*., 2003). جلبک‌های سبز- آبی به طرز قابل توجهی از لحاظ مرفولوژیک متنوع هستند (Whitton and Potts, 2000). آنها می توانند به شکل تک سلولی و یا به صورت کلنی‌های تخت، کروی، منظم یا غیرمنظم و یا به شکل انواع رشته ای با انشعابات کاذب و یا حقیقی باشند. بعضی از جلبک‌های سبز- آبی توانایی تولید دو نوع سلول خاص را دارند، هتروسیست که دارای آنزیم نیتروژناز است و قادر است نیتروژن را تثبیت کند و آکینت که سلول مقاومی بوده و در شرایط نامساعد باقی مانده و باعث بقای نسل جلبک‌های سبز- آبی می شود. تعدادی از گونه‌های جلبک‌های سبز- آبی دارای وزیکول‌های گازی هستند که به شناوری آنها جهت حفظ موقعیت آنها در آب در پاسخ به عوامل فیزیکی و شیمیایی کمک کند(Reynolds, 1987; Walsby, 1994) .

به استناد نظریه بسیاری از محققین و دانشمندان زیست شناس، اولین نشانه های حیات در شرایطی مانند چشمه‌های آب گرم به وجود آمده است. مطالعه جلبک‌های موجود در اکوسیستم های آبی می تواند با اهداف گوناگونی همچون اهداف فلوریستیک، سیستماتیک، بهداشتی، هیدروبیولوژیک و اکولوژیک-جغرافیایی نیز انجام گیرد. با توجه به اهمیت مطالعه در خصوص اکوسیستم‌های آبی و نقش مهم جوامع جلبکی موجود در آنها، اکوسیتم های آبی مختلف و با شرایط بعضاً متفاوت بسیار مورد توجه بوده و مطالعات گسترده‌ای بر روی آنها صورت می پذیرد. چشمه‌های آب گرم به دلیل گونه زایی محدود و زنجیره کوتاه مواد غذایی پایه، بنیان مطالعه بر روی اکوسیستم‌های ساده را فراهم می کنند (Kullberg, 1971). چشمه‌های آب گرم زیستگاه‌های خوب جدا شده‌ای هستند که میکروارگانیسم‌هایی که در آن قادر به حیات هستند گرمادوست ویژه‌اند (Extermophile). اصطلاحات مختلفی برای میکروارگانیسم‌های گرمادوست داده شده است. تنها تعداد اندکی از یوکاریوتها قادر به تحمل دمای زیاد در مقایسه با جلبک‌های سبز- آبی هستند. از طرفی این جلبک‌ها به خاطر توانایی رشد و نمو زیاد در محیطهای آبی و ایجاد بلوم، بسیار مورد توجه می باشند (Fogg, 1969).

مواد و روش‌ها

در این مطالعه در راستای جریان آب و در جهت ۵ شیب دمایی آب چشمه، از توده های جلبکی چشمه آب گرم چاه احمد نمونه برداری صورت پذیرفت (شکل۱). آب این چشمه از شکاف سنگهای آهکی خارج می شود و عامل تشکیل آن تکتونیک صفحه‌ای است. آب چشمه در ردیف آب‌های گوگردی با کاتیون ها و آنیون‌های مختلف است.



شکل ۱. چشمه آب گرم چاه احمد

پس از جمع آوری نمونه‌های سیانوباکتری، از آب چشمه نیز جهت آنالیز فیزیکوشیمیایی نمونه برداری شد دما و pH آب با دماسنج جیوه ای و pH متر، در محل چشمه اندازه‌گیری گردید. مقدار هدایت الکتریکی آب، کدورت، pH ، قلیاییت نسبت به متیل اورانژ، سختی کل، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلراید، فلوئور، سولفات، فسفات نیتریت و نیترات به روش‌های استاندارد آزمایشگاهی در آزمایشگاه اداره آب و فاضلاب استان هرمزگان اندازه گیری شد. جهت به حداقل رساندن تغییرات کمی وکیفی فیتوپلانکتون‌ها، نمونه های جمع آوری شده پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از فرمالین ۴٪ تثبیت شدند. برای شناسایی جلبک‌های سبز- آبی موجود در توده‌های نمونه برداری شده از کلیدهای شناسایی معتبر(2005) Komárek و

www.SID.ir

Archive of SID

نیز جدیدترین مقالات مورفولوژیک مرتبط به این شاخه از جلبک‌ها استفاده شد. به منظور شناسایی در قدم نخست صفات کلیدی و تعیین کننده مربوط به هر جنس مشخص گردید. در مرحله بعد، شناسایی بر مبنای این صفات انجام گرفت. از جمله صفات مهم در شناسایی مورفولوژیک نمونه‌ها می توان به شکل و رنگ کلنی‌ها، شکل، رنگ و اندازه تالس، طول و عرض ریسه‌ها، شکل و اندازه و رنگ سلولهای رویشی، شکل سلول‌های رأسی، وجود یا عدم وجود غلاف موسیلاژی اشاره نمود.

با توجه به اثرگذاری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب اکوسیستم‌های آبی در ترکیب گونه‌ای جلبک‌های موجود در اکوسیستم‌های مورد مطالعه و نیز با توجه به شرایط محیطی خاص چشمه‌های آب گرم در مقایسه با اکوسیستم‌های آبی رایج مورد مطالعه، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب چشمه‌های مورد نظر آنالیز شد و ارتباط آن با پراکنش گونه ها با آزمون (CCA)[1] انجام گرفت.

نتایــج

مطالعات فلوریستیک

در این چشمه آب گرم در ۵ شیب دمایی در مجموع ۲۲ گونه شناسایی شد (جدول ۱). شیب دما از ۳۹ تا ۴۵ درجه سانتیگراد متغیر بود. تنوع گونه‌ها با افزایش دما کاهش نشان داد. بیشترین تنوع در دمای ۳۹ درجه سانتیگراد ثبت گردید که شامل ۱۶ گونه بود و کمترین تنوع در دمای ۴۵ درجه با ۹ گونه (جدول ۲). ارتباط دما و تنوع گونه ای در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. لیست فلور جلبکی چشمه آب گرم چاه احمد

Taxon	چاه احمد				
	۳۹ °C	۴۰ °C	۴۲ °C	۴۴ °C	۴۵ °C
Jaaginema angustissimum (W. et G.S. West) Anagnostidis et Komárek 1988	+	+	+	+	+
Jaaginema metaphyticum Komárek in Anagnostidis et Komárek 1988	+	+	+	+	+
Jaaginema pseudogeminatum (Schmid) Anagnostidis et Komárek 1988	+	+	+	+	+
Jaaginema geminatum (Meneghini ex Gomont) AnagnostidisetKomárek 1988	+	+	+	+	+
Geitlerinemaamphibium (Agardh ex Gomont) Anagnostidis 1989	+	+	+		
Leptolyngbya fragilis (Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988			+	+	+
Spirulina tenerrima Kützing ex Gomont 1892	+	+			
Oscillatoria subbrevis Schmidle 1901		+	+		
Oscillatoria curviceps Agardh ex Gomont 1892		+			
Oscillatoria anguina Bory ex Gomont 1892	+	+			
Tychonema bornetii (Zukal) Anagnostidis et Komárek 1988				+	+
Planktothrix agardhii (Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988				+	+
Phormidium ornatum (Kützing) Anagnostidis&Komárek	+	+		+	+
Phormidium chalybeum (Mertens ex Gomont)Anagnostidis&Komárek	+	+	+	+	
Phormidium ornatum (Kützing) Anagnostidis&Komárek	+	+	+		+
Phormidium nigrum (Vaucher ex Gomont) Anagnostidis et Komárek l988	+		+	+	+
Synechocystis aquatilis Sauvagea 1892	+	+	+	+	+
Chroococcus limneticus Lemmermann 1898	+			+	+
Chroococcus minutes (Kützing) Nägeli 1849	+	+	+		
Chroococcus turgidus (Kützing) Nägeli 1849	+	+			
Synechococcus elongates (Nägeli) Nägeli 1849	+	+	+		
Cyanobacterium cedrorum (Copeland) Komárek *et al*., 1999	+	+			

[1] Canonical correspondence analysis

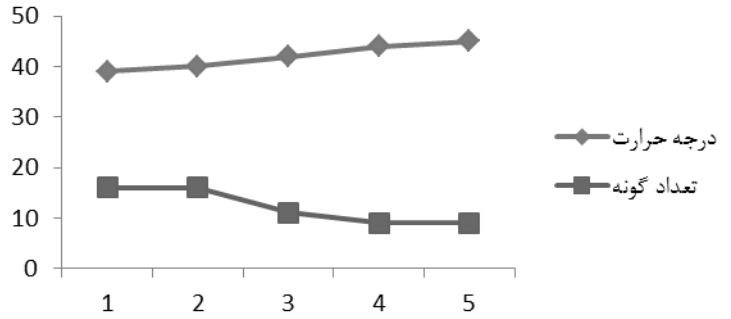
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. لیست تعداد گونه‌های شناسایی شده بر اساس شیب دما در چشمه آب گرم چاه احمد

دما (°c)	۳۹	۴۰	۴۲	۴۴	۴۵
تعداد گونه	۱۸	۱۷	۱۳	۱۳	۱۰

راسته Oscillatoriales با دارا بودن ۷۱/۵٪ بیشترین فراوانی و راسته Chroococales با داشتن ۲۸/۵٪ در ردیف بعدی قرار گرفت. هیچ گونه هتروسیست دار تثبیت کننده ازت در این چشمه مشاهده نشد. از میان جنس‌های مشاهده شده جنس *Jaaginema* و *Phormidium* با داشتن ۴ گونه و درصد فراوانی ۱۹/۰۴٪ بیشترین تنوع گونه‌ای و جنس‌های *Oscilatoria*, *Chroococcus* و *Synechococystis* با داشتن ۳ گونه و درصد فراوانی ۱۴/۲٪در ردیف بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). جنس *Jaaginema* در همه محدوده‌های دمایی یافت شد. همچنین گونه‌های *Spirulina tenerrima*، *Oscillatoria curviceps*، *Phormidium lucidum* برای اولین بار از ایران گزارش شده اند.



شکل۲. نمودار تعداد گونه‌های شناسایی شده در چشمه آب گرم چاه احمد بر اساس شیب دما

جدول ۳. درصد فراونی جنس‌های شناسایی شده در چشمه آب گرم چاه احمد

جنس	تعداد کل	فراوانی (٪)
Jaaginema	۴	۱۹/۰
Geitlerinema	۱	۴/۷۶
Leptolyngbya	۱	۴/۷۶
Spirulina	۱	۴/۷۶
Oscilatoria	۳	۱۴/۲۸
Phormidium	۴	۱۹/۰
Tychonema	۱	۴/۷۶
Johannesbaptistia	۱	۴/۷۶
Planktothrix	۱	۴/۷۶
Chrococococcus	۳	۱۴/۲۸
Synechococcus	۱	۴/۷۶
Synechocystis	۳	۱۴/۲۸
Cyanobacterium	۲	۹/۵۲

www.SID.ir

Archive of SID

آنالیز فیزیکوشیمیایی

با توجه به نتایج به دست آمده از آنالیز فیزیکی- شیمیایی، آب چشمه مورد مطالعه از دسته آب‌های شور(TDS بیشتر از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر) و بسیار سخت (سختی بیش از ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر) می باشد. این سختی بالا به مقدار بالای یون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم مربوط می شود (جدول ۴). اختلاف بین حداکثر و حداقل دمای اندازه گیری شده در این چشمه بین ۳۹ تا ۴۵ یعنی ۶ درجه سانتیگراد می باشد. دیگر پارامتر محاسبه شده مقدار اکسیژن محلول (DO) در آب است (جدول ۴).

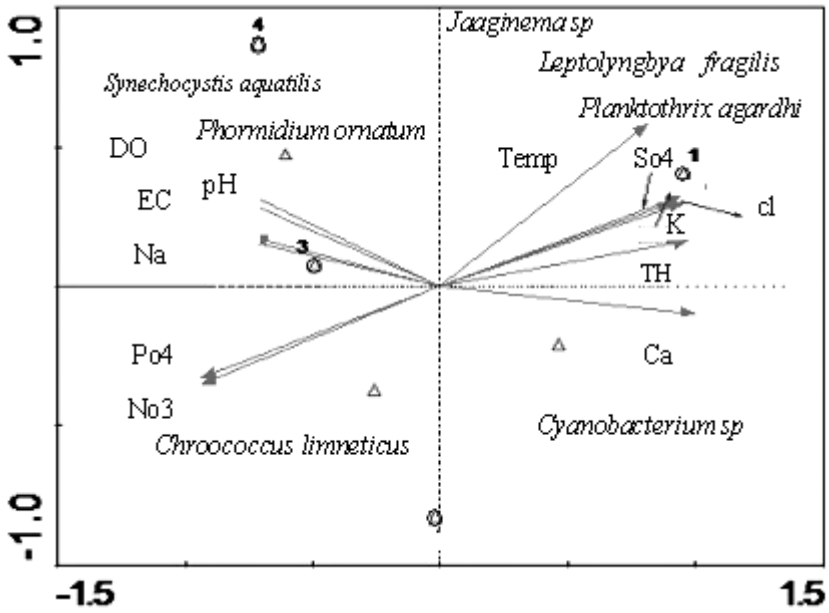
جدول ۴. آنالیز شیمیایی آب چشمه آب گرم چاه احمد

پارامترها	استاندارد	مقیاس	چاه احمد				
			۳۹ °C	۴۰ °C	۴۲ °C	۴۴ °C	۴۵ °C
اکسیژن محلول DO	mg/lit		۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۲
هدایت الکتریکیEC	2510B	µS/cm	۳۲/۱۱۱	۳۲/۰۸	۳۲/۱۰۹	۳۳/۱۱۱	۳۳/۱۱۱
کدورت	2130B	NTU	۲/۲۲	۲/۲۲	۲/۲۲	۲/۲۲	۲/۲۲
PH	HB 4500		۷/۱	۷	۶/۹	۶/۹	۶/۸
کل مواد جامد محلول TDS	2540 C	mg/L	۳۰۰۷	۳۰۰۷	۳۰۰۷/۴۴	۳۰۰۸	۳۰۰۸
قلیائیت نسبت به فنل فتالئین	2220. B	mg/L	۱۸۷/۲	۱۸۷/۲	۱۸۷/۲	۱۸۷/۵	۱۸۷/۵
سختی کل (TH)	2240 .B	mg/L	۳۱۵۰	۳۱۵۲	۳۱۵۲	۳۱۵۴/۳۱	۳۱۵۴/۳۱
کلسیم	3500 .B	mg/L	۷۳/۲	۷۳/۲	۷۴	۷۴	۷۵/۵
منیزیم	3500-Mg. B	mg/L	۱۱۰/۳	۱۱۰/۸	۱۱۰/۸	۱۱۰/۸	۱۱۰/۸
سدیم	3500-Na. B	mg/L Na	۶۲۰۰	۶۲۱۰	۶۲۱۰	۶۳۰۸	۶۳۰۸
پتاسیم	3500-K .B	mg/L	۹۲	۹۲	۹۲/۸	۹۳/۵	۹۳/۵
کلراید	4500-Cl.B	mg/L	۱۱۲۳۰	۱۱۲۳۰	۱۱۵۰	۱۲۴۰	۱۲۴۰
سولفات	4500-So42-.E	mg/L	۲۱۹۰	۲۱۹۰	۲۲۳۰	۲۲۸۰	۲۲۸۰
فسفات	4500-P.D	mg/L	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۲
نیترات	-No3.B۴۵۰۰	mg/L	۱/۸۸	۲	۲	۳	۳/۲
نیتریت	-No2.B۴۵۰۰	mg/L	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

جهت یافتن ارتباط بین فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی آب و تنوع گونه ای، آزمون CCA انجام گرفت. بر طبق نتایج به دست آمده، محور یک ۸۸٪ واریانس و محور دو ۶۵٪ واریانس بین چهار محور بیشترین نقش را ایفا می‌کنند که ۹۸ تا ۹۵٪ ارتباط محیط و گونه را نشان می‌دهد. محور یک به طرز معنی داری ($p = 0.01$) به فاکتورهایی چون درجه حرارت ($r = 0.95$)، سولفات ($r = 0.82$)، کلر ($r = 0.8$)، پتاسیم ($r = 0.78$) و نیترات ($r = 0.89$) وابسته است و محور دو ($p = 0.03$) به طور معنی‌داری به فاکتورهایی چون pH ($r = 0.98$)، DO ($r = 0.96$)، EC ($r = 0.8$) و سدیم ($r = 0.78$) وابسته است که چشمه‌های مورد بررسی بر اساس این فاکتورها به خوبی جدا شده اند. یعنی فاکتورهای محیطی مهم و مؤثر در پراکنش گونه‌ای درجه حرارت، pH، DO یا اکسیژن محلول، سولفات، کلر، سدیم، پتاسیم، نیترات و EC می باشد که نمونه‌های جلبک‌های سبز- آبی در طول این دو محور که نشان دهنده فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی مختلف هستند به خوبی از هم جدا شده اند. در پلات به دست آمده به خوبی مشخص شده است که پراکنش گونه‌های مختلف *Leptolyngba fragilis*،*Jaaginema* sp. و *Planktothrix agardhi* به دما، So_4^{2-}، K^+، CL^- و TH یا سختی کل وابستگی زیادی نشان می‌دهند (شکل ۳). از طرف دیگر گونه‌های مختلف *Phormidium ornatumm*،*Synechocystis aquatilis*, به DO، pH، K و EC وابستگی مثبتی را نشان می‌دهند. و گونه‌ی *Chroococcus limneticus* با غلظت متوسط Po_4 و No_3 ارتباط خوبی نشان می‌دهد. گونه‌های جنس *Cyanobacterium* ارتباط خوبی را با غلظت متوسط *Ca* نشان میدهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳. نمودار Canonical correspondence analysis (Braak and Smilauer, 2002).
(ارتباط گونه ها و فاکتورهای محیطی)

بحث

با اینکه چشمه‌های آب گرم بسیار زیادی در ایران وجود دارد، تاکنون هیچ مطالعه جامعی در ارتباط با جلبک‌های آنها که جمعیت اصلی این اکوسیستم‌ها را تشکیل می‌دهند انجام نشده است. چشمه‌های آب گرم ایران از نظر دما و ترکیبات شیمیایی بسیار متنوع هستند. مطالعه انجام شده با توجه به اهمیت شناسایی جلبک‌های سبز- آبی قادر به رشد در چشمه آب گرم آغاز شد. با وجود محدودیت‌های موجود در مراحل مختلف انجام کار سعی گردید تا از جنبه‌های مختلف سیستماتیکی، مورفولوژیکی و اکولوژیک به مطالعه جلبک‌های سبز- آبی ترموفیل چشمه آب گرم چاه احمد پرداخته شود. در بخش فلوریستیکی در مطالعه انجام گرفته، در مجموع ۲۲ تاکسون از جلبک‌های سبز- آبی از شاخه سیانوفیتا و رده سیانوفیسه شناسایی شد. ۷۱/۵٪ از کل تاکسون‌های شناسایی شده به راسته Oscillatoriales، ۲۸/۵٪ به راسته Chroococcales تعلق داشتند و از راسته Nostocales هیچ گونه‌ای مشاهده نشد. این نتایج نشان می دهند که بیشترین تنوع گونه‌ای چشمه آب گرم مورد بررسی به راسته Oscillatoriales تعلق دارد. در این راسته، جنس *Jaaginema* و *Phormidium* با داشتن ۴ گونه و ۱۹٪ از کل نمونه‌ها بیشترین تنوع گونه‌ای را در میان جنس‌های شناسایی شده نشان دادند. اینکه *Phormidium* محدوده دمایی وسیعی را می تواند تحمل کند قبلاً درمطالعات Debnath و همکارانش در سال ۲۰۰۹ روی ۴ چشمه آب گرم هند نشان داده شده بود. در این مطالعه نیز در ۱۸ گونه شناسایی شده در محدوده دمایی ۶۰-۳۸ درجه جنس *Phormidium* دیده می‌شد. در بررسی‌های Debneth، راسته Nostocales کمترین درصد فراوانی گونه‌ای را نشان داد که در مطالعه حاضر نیز هیچ گونه هتروسیست‌دار متعلق به این راسته مشاهده نگردید. این مسئله می تواند تأییدی بر این مطلب باشد که جلبک‌های سبز- آبی دارای قدرت تثبیت ازت و دارنده هتروسیست در محیط‌های غنی از نیترات کمتر حضور دارند. نتایج نشان داد که جلبک‌های سبز- آبی، فلور غالب در چشمه آب گرم می باشند که این مطلب در مطالعات دیگران نیز به اثبات رسیده است؛ از جمله می‌توان به مطالعه رمضان نژاد قادی و همکاران (۱۳۹۱) اشاره نمود که ۶ تاکسون از جلبک‌های سبز- آبی را در چشمه آب گرم کیله سفید کرمانشاه شناسایی نمودند. همچنین می توان به مطالعه ۴ چشمه آب گرم در هند توسط Debnath و همکارانش در سال ۲۰۰۹ اشاره نمود که فلور غالب این چشمه ها نیز جلبک‌های سبز- آبی گزارش شدند. این مسئله با نظر برانکو قابل توضیح است که جلبک‌های سبز- آبی در دامنه وسیعی از شرایط محیطی، موفق عمل می کنند زیرا متابولیسم قابل انعطافی دارند (Branco *et al*., 2001).

www.SID.ir

Archive of SID

فاکتورهای محیطی مانند نور، دما و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در اکوسیستم های آبی و از جمله چشمه‌های آب گرم نقش تعیین کننده‌ای در ترکیب گونه‌ای جلبک‌های سبز- آبی دارند. در این مطالعه از آنجایی که عمق آب در چشمه مورد بررسی زیاد نبود لذا همه بخش‌های مختلف چشمه از نظر شدت نور دریافتی یکسان بودند و آنچه که بر ترکیب گونه‌ای چشمه آب گرم مورد بررسی مؤثر هستند دمای آب و ترکیب شیمیایی و فیزیکی آب می باشد. این مسئله با مطالعه Sompong و همکاران در سال ۲۰۰۵ که بر روی چشمه‌های آب گرم شمال تایلند انجام گرفت مطابقت دارد. در مطالعات این محقق نیز مانند مطالعه حاضر با افزایش دما تنوع گونه ای کاهش می یافت. در خصوص ارتباط تنوع جلبک‌های سبز- آبی با دمای آب در مطالعات مختلف، دما به عنوان مهمترین عامل مؤثر بر تنوع گونه‌ای در چشمه‌های آب گرم گزارش شده است (Sompong *et al*., 2005; Skirnisdottir *et al*., 2000; Nakagawa and Fukui, 2002).

pH آب نیز یکی از عواملی است که روی تنوع جلبکی تأثیرگذار است. جلبک‌های سبز- آبی معمولاً در چشمه‌های آب گرمی که pH آن بیشتر از ۶ باشد تجمع می یابند (Castenholz, 1996)؛ به طوریکه پوشش فرش مانندی از این جلبک‌ها در کف آب تشکیل می شود. با افزایش بیوماس جلبکی، افزایش فتوسنتز و افزایش pH مشاهده می گردد (ریاحی، ۱۳۸۷). به عبارتی هر چه pH بیشتر و محیط قلیایی‌تر باشد رشد جلبک‌ها و تنوع آنها بیشتر است. در نتایج به دست آمده نیز این مسئله تأیید می‌گردد به طوریکه در چشمه مورد بررسی، pH بالاتر از ۶ بوده و محیط خوبی برای رشد جلبک‌های سبز- آبی فراهم نموده. در خصوص ارتباط تنوع گونه‌ای و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب چشمه، محققینی که در این مورد مطالعه کرده اند نشان دادندکه اعضای راسته *Oscillatoriales* مثل *Lyngbya* و *Phormidium* با DO زیاد در ارتباط مستقیم هستند. در صورتی که دما و pH آب با حضور این گروه از جلبک‌های سبز- آبی همبستگی منفی نشان می‌دهد. طبق نتایج حاصل از این مطالعه نیز جنس *Phormidium* با DO و pH همبستگی مثبت و با دما همبستگی منفی نشان می‌دهد. در سال ۱۹۹۸، Ward و همکارانش لایه‌هایی از جلبک‌های سبز- آبی نمونه برداری شده از چشمه‌های آب گرم را در شیب دمایی ۷۵-۵۰ درجه سانتیگراد با حضور فرم های تک سلولی مانند *Synechococcus* مشخص نمودند. مطالعه Sompong و همکارانش در سال ۲۰۰۵ برای دماهای کمتر، فرم‌های رشته‌ای مانند *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Pseudanabaena* را غالب دانستند. اما در سال ۲۰۰۲ Norris و همکاران گزارش کردندکه در دماهای کم، فرم‌های تک سلولی مانند *Synechococcus* همراه با سایر فرم های دیگر تک سلولی و رشته ای یافت می شوند. در مطالعه حاضر، نظریه Norris مورد تائید است یعنی فرم‌های تک سلولی و پرسلولی در کنار هم در دماهای مختلف یافت می‌شوند و تنها جنسی که به همه شیب‌های دمایی مقاوم می‌باشد *Jaaginema* است. علاوه بر دما و pH، در برخی از مطالعات (Sompong *et al*., 2005; Ward and Castenholz, 2002) اغلب به نقش ترکیبات نیتروژنی (خصوصاً آمونیوم) بر پراکندگی گونه‌ای جلبک‌های سبز- آبی تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تأکید می‌گردد. جلبک‌های سبز- آبی Diazotrophic (تثبیت کننده ازت) در چشمه‌های آب گرم که دارای سطح نیتروژن کم هستند وجود دارند. لذا در چشمه آب گرم مورد بررسی در این مطالعه که سطح نیتروژنی کافی دارند گونه‌های Diazotrophic شناسایی نشد. در مطالعات دیگر نیز این موضوع تأیید شده است (Ward and Castenholz, 2002; Debnath *et al*., 2009). با توجه به اینکه چشمه‌های آب گرم از جمله اکوسیستم‌های آبی هستند که دارای شرایط محیطی منحصر به فرد بوده و هر ارگانیسمی توان حضور در آن‌ها را ندارد به آن‌ها Island effect می‌گویند که منجر به جدایی شدید فیزیکی و شیمیایی محیطی گردیده و در نهایت گونه زایی ژنتیکی در آن‌ها بر اثر قطع تبادلات ژنتیکی بین گونه‌ها رخ می دهد (Papke *et al*., 2003). همین نتایج در مطالعه‌ای که Lonescu و همکاران در سال ۲۰۱۰ در مورد جغرافیای زیستی جلبک‌های سبز- آبی ترموفیلیک چشمه‌های آب گرم در آلمان انجام دادند نیز به دست آمد. این محققان با تأکید بر تئوری گونه زایی‌های ژنتیکی بر اساس قطع تبادلات ژنی، تنوع مولکولی وسیعی را در خصوص جلبک‌های سبز- آبی در این محیط ها گزارش نمودند. لازم به ذکر است که یکی از ویژگی‌های خاص در مورد چشمه‌های آب گرم مقدار اکسیژن محلول بسیار کم آن‌ها می باشد. به طوری که به دلیل این اکسیژن محلول کم، دمای زیاد و سایر شرایط محیطی موجود در این چشمه ها مانند سختی زیاد این آب‌ها، سایر موجودات زنده قادر به رشد در این محیط ها نیستند و جلبک‌های سبز- آبی به دلیل سازگاری‌های ژنتیکی غیرعادی که دارند از معدود ارگانیسم‌های قادر به رشد در این چشمه ها می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابـع

ریاحی، ح. ۱۳۸۷. جلبک شناسی. انتشارات دانشگاه الزهرا (س). ۳۹۰ ص.

رمضان نژاد قادی، ر. قاسمی، ح. ر.، عطازاده، ا.، زاهدی، م. ۱۳۹۱. بررسی اکولوژیک سرچشمه چشمه آب گرم کیله سفید سرپل ذهاب، کرمانشاه، ایران. فصلنامه علوم محیطی. سال نهم، ویژه نامه بهار، صفحات ۹۵-۸۷.

Branco, L.H., Juniori, O.N., Branco, C.C. 2001. Ecological distribution of Cyanophyceae in lotic ecosystems of Sao Paula State. Revista Brasileria de Botanica. 24(1): 99-108.

Braak, C J.F., Smilauer, P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, New York, 500 p.

Castenholz, R.W. 1996. Endemism and biodiversity of thermophilic cyanobacteria. Nova HedwigiaBeih. 112: 33-47.

Castenholz, R.W. 2001. Phylum BX. Cyanobacteria. In: Boone, D.R., Castenholz, R.W. (eds.), Bergeys manual of systematic bacteriology. Springer, New York. pp.473-599.

Debnath, M., Chandra Mandal, N., Ray, S. 2009. The study of Cyanobacterial flora from geothermal springs of bakreswar West Bengal India. Algae. 24(4): 185-193.

Fogg, G.E. 1969. The Leeuwenhoek Lecture, 1968: the physiology of an algal nuisance. Proc. R. SOC. Lond. B 173: 175- 89.

Kalaitzis, J.A., Lauro, F.M., Neilan, B.A. 2009. Mining cyanobacterial genomes for genes encoding complex biosynthetic pathways. National Product Report. 26: 1447- 1465.

Komárek, J. 2005. The modern classification cyanoprokaryotes. Oceanological and Hydrobiological Studies. XXXIV(3): 5-17.

Kullberg, G.R. 1971. Algal distribution in six thermal spring effluents. American Microscopial Society. 90(4): 412-434.

Lonescu, D. Hindiyeh, M., Malkawi, H., Oren, A. 2010. Biogeography of thermophilic cyanobacteria : insights from the Zerka Main hot springs (Jordan). FEMS Microbiology Ecology. 72: 103-113.

Madigan, M.T., Martinko, J.M., Parker, J. 2003. Biology of microorganisms.10th edition. Pearson Education. Upper Saddle River, New Jersey. 1019 p.

Nakagawa, T., Fukui, M. 2002. Phylogenetic characterization of microbial mats and streamers from a Japanese alkaline hot spring with a thermal gradient. The Journal of General and Applied Microbiology. 48: 211-222.

Norris, T.B., McDermott, T.R., Castenholz, R.W. 2002. The long-term effects of UV exclusion on the microbial composition and photosynthetic competence of bacteria in hot spring microbial mats. FEMS Microbiology Ecology. 39: 193-209.

Papke, R.T., Ramsin, N.B., Bateson, M.M., Ward, D.M. 2003. Geographical isolation in hot spring cyanobacteria. Environmental Microbiology. 5(8): 650- 659.

Reynolds, C.S. 1987. Cyanobacterial water- blooms. Advances in Botanical Research. 13: 67-143.

Sakamoto, T., Bryant, D.A. 1997. Temperature-regulated mRNA accumulation and stabilization for fatty acid desaturase genes in the cyanobacterium Synechococcus sp. strain PCC 7002. Molecular Microbiology. 23: 1281-1292.

Skirnisdottir, S., Hreggvidsson, G.O., Hiorleifsdottir, S., Marteinsson, V.T., Petursdottir S.K., Holst, O. Kristjansson , J.K. 2000. Influence of sulfide and temperature on species composition and community structure of hot spring microbial mats. Appllied Environmental Microbiology. 66: 2835-2841.

Sompong, U., Hawkins, P., Besley, C., Peerapornpisal, Y. 2005. The distribution of cyanobacteria across physical and chemical gradients in hot spring in northern Thailand. FEMS Microbiology Ecology. 52: 365-376.

Stanier, R.Y., Cohen-Bazire, G. 1977. Phototrophic Prokaryotes: The Cyanobacteria. In: Starr, M.P., Ingraham, J.L., Balows, A. (eds.), Annual Review of Microbiology. Palo Alto, CA: Annual Reviews Inc. pp. 225-274.

Van De Hoek, C., Mann, D.G., Jahns, H.M. 1995. An introduction to Phycology Cambridge University Press. 623 p.

Walsby, A.E. 1994. Gas vesicles. Microbiological Reviews. 58: 94-144.

www.SID.ir

Archive of SID

Ward, D.M., Ferris, M.J., Nold, S.C., Bateson, M.M. 1998. A natural view of microbial biodiversity within hot spring cyanobacterial mat communities. Microbiology and Molecular Biology Reviews. 62: 1353-1370.

Ward, D.M., Castenholz , R.W. 2002. Cyanobacteria in geothermal habitats. In: Whitton, B.A., Potts, M. (eds.), The Ecology of Cyanobacteria, Their Diversity in Time and Space. Kluwer Academic Publishers Dordrecht. pp. 37-59.

Whitton, B.A., Potts, M. 2000. Introduction to the cyanobacteria. In: Whitton, B.A., Potts, M., (eds.), The Ecology of Cyanobacteria, Their Diversity in Time and Space. Kluwer Academic Publishers Dordrecht. pp.1-11.

www.SID.ir