



شناسایی جلبک‌های سبز-آبی برخی از چشمه‌های آب گرم استان هرمزگان

میترا آرمان^{۱*}، حسین ریاحی^۱، علی سنبلی^۲^۱گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران^۲گروه زیست‌شناسی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

تاریخچه مقاله: چکیده

مطالعه حاضر به بررسی فلوریستیکی و اکولوژیکی جلبک‌های سبزآبی میکروسکوپی چشمه‌های آب گرم واقع در مرکز استان هرمزگان شامل گنو، خورگو و حاجی آباد پرداخته است. نمونه برداری بر اساس شرایط منابع آبی مورد مطالعه انجام و آنالیز فیزیکوشیمیایی آب این چشمه‌ها به علت تأثیری که روی ترکیب گونه‌ای می‌گذارد صورت پذیرفت. نمونه‌ها در طیف‌های مختلف حرارتی جمع‌آوری شده و بخشی با استفاده از فرمالین ۴٪ تثبیت و بخش دیگر به منظور جداسازی و تهیه کشت خالص در یخچال نگهداری شد. برای شناسایی جلبک‌های سبز-آبی نمونه برداری شده، از کلیدهای شناسایی معتبر و همچنین از جدیدترین مقالات مورفولوژیک مرتبط به این شاخه از جلبک‌ها استفاده گردید. به منظور شناسایی، ابتدا صفات کلیدی و تعیین‌کننده مربوط به هر جنس مشخص و سپس شناسایی بر مبنای این صفات انجام شد. برای خالص‌سازی جلبک‌ها از روش کشت‌های متناوب استفاده گردید. بیشترین تنوع فلور جلبکی در چشمه آب گرم حاجی آباد به دلیل پایین بودن درجه حرارت نسبت به سایر چشمه‌ها مشاهده شد و در مقابل چشمه آب گرم خورگو به دلیل شرایط محیطی نامساعد کمترین میزان تنوع جلبکی را دارا بود. در هریک از چشمه‌ها نیز بالاترین میزان تنوع در حرارت‌های پایین‌تر مشاهده شد. ضمناً گونه‌های *Jaaginema angustissimum*، *Jaaginema pseudogeminatum* و *Jaaginema geminatum* در تمام چشمه‌ها و در همه شرایط دمایی حضور داشتند.

کلمات کلیدی:

سیانوباکتری
چشمه آب گرم
فلور جلبکی
تنوع

مقدمه

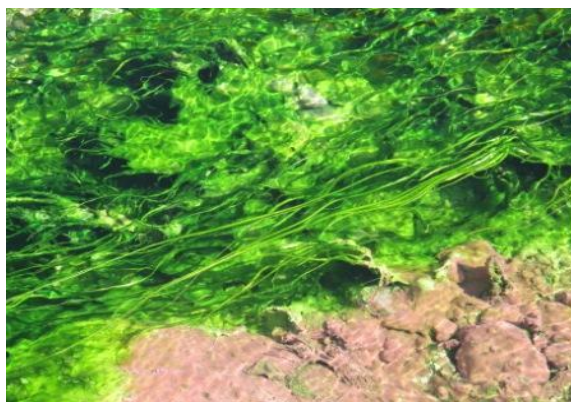
بیش از ۷۰ درصد از سطح کره زمین را آب فرا گرفته است. حیات در تمام اکوسیستم‌های آبی (شور و شیرین) از تولیدکنندگان اولیه یا گیاهان آغاز می‌شود و ادامه حیات جانوران را به عنوان موجوداتی مصرف‌کننده تضمین می‌نماید. در تمامی مخازن آبی، گیاهان ماکروفیت و فیتوپلانکتون‌ها پایه هرم غذایی به شمار می‌آیند، تصور می‌شود که جلبک‌های سبز-آبی در اوایل پرکامبرین تکامل یافته و اولین تولیدکنندگان اکسیژن جوی بوده‌اند که میزان اکسیژن را به طرز قابل توجهی افزایش داده‌اند. میکروفسیل‌های جلبک‌های سبز-آبی رشته‌ای در اوایل، اواسط و اواخر دوره پرکامبرین یافت شده‌اند (Sawin, 1969) وجود مواد غنی از سیانوفیسین در بسیاری از فسیل‌های موجود در دوران پرکامبرین نشانگر این می‌باشد که منشاء برخی از جلبک‌های سبز-آبی آن دوران از زیستگاه‌های آبی با درجه حرارت بالا بوده است (Allen, 1953). این جلبک‌ها، پروکاریوت فتوسنتزی هستند که تقریباً در تمام زیستگاه‌ها یافت می‌شوند. آنها از لحاظ مورفولوژی، فیزیولوژیکی و

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: mitraarman2003@yahoo.com

سوخت و ساز، گروه بسیار متنوعی می‌باشند. با این حال، افزایش روند شناسایی مواد بیولوژیکی برای تولید مولکول‌های فعال زیستی باعث شد تا جامعه علمی بر روی این موجودات تأکید کنند (Patil, 2009). ارگانسیم‌های ترموفیل به دلیل شباهت با فرم‌های زندگی اولیه در زمین و به عنوان منبعی از ترکیبات زیستی پایدار در برابر گرما از نظر علمی با ارزش بوده و مورد توجه زیست‌شناسان می‌باشند. شرح و مطالعه تنوع زیستی جلبک‌های سبز-آبی یک گام ضروری برای رسیدن به این اهداف مهم در خصوص چشمه‌های آب گرم می‌باشد (Debnath *et al.*, 2009). چشمه‌های آب گرم و انشعابات خروجی آن زیستگاه‌های مهمی برای جلبک‌های سبز-آبی گرما دوست و حتی زیستگاه طبیعی برای برخی از آنها محسوب می‌شوند. این زیستگاه‌های حرارتی حتی اگر تعداد اندکی از موجودات را در خود جای دهند قابل توجه اند. جلبک‌های سبز-آبی یا سیانوباکتری‌ها به دلیل قابلیت سازگاری منحصر به فرد ژنتیکی و قدرت تطابق بسیار بالا از معدود ارگانسیم‌های قادر به زیست در این اکوسیستم‌های آبی می‌باشند (Mohamed, 2008). موقعیت جغرافیایی ایران نشان دهنده تنوع بسیار بالای طبیعت آن است از کوه، دشت، مناطق با بارش بیش از ۲۰۰۰ میلی‌متر، مناطق خشک از بیابان‌های صخره‌ای گرفته تا بیابان‌های شن زار، باتلاق‌های نمک، سواحل دریای عمان و خلیج فارس، چشمه‌های آب با درجات متفاوتی از شوری، PH و درجه حرارت و ... علی‌رغم وجود تنوع زیاد در اکوسیستم‌ها، هنوز مطالعه جامع و کاملی از آنها به عمل نیامده است. از طرفی جلبک‌های سبز-آبی بخش قابل توجهی از فلور جلبکی ارائه شده از کشور ایران را به خود اختصاص می‌دهند (Zarei, 2011). در کشور ایران با وجود اینکه قریب به ۴۰۰ چشمه آب گرم و معدنی گزارش شده است (شاه‌بیگ، ۱۳۷۲)، اما هنوز گزارشات جامع و کاملی از مطالعات فلوریستیکی و پراکنش سیانوباکتری‌های موجود در چشمه‌های آب گرم ایران منتشر نشده است و همین مسئله هدف انجام این مطالعه گردید.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه در راستای جریان آب و در جهت شیب دمایی آب چشمه، از توده‌های جلبکی سه چشمه حاجی‌آباد، خورگو و گنو در ۵ شیب نمونه برداری صورت پذیرفت (شکل ۱). اولین چشمه‌ای که نمونه برداری در آن انجام گرفت چشمه آب گرم حاجی‌آباد در حدود ۳۰ کیلومتری شرق حاجی‌آباد بود. آب این چشمه از شکاف سنگ‌های آهکی خارج می‌شود و عامل تشکیل آن تکتونیک صفحه‌ای است. آب چشمه در ردیف آبهای گوگردی با کاتیون‌ها و آنیون‌های مختلف گرم است، دومین چشمه مورد مطالعه چشمه آب گرم خورگو که تعداد سه چشمه با خصوصیات واحد را دارا می‌باشد و از طریق جاده فرعی منشعب از جاده بندرعباس-سیرجان قابل دسترسی است. آخرین چشمه، چشمه آب گرم گنو می‌باشد که در فاصله ۳۴ کیلومتری شمال شرقی شهر بندرعباس واقع در بخش مرکزی شهرستان بندرعباس در کنار راه بندرعباس به سیرجان واقع است که در دره‌ای قرار دارد که کوه گنو و ارتفاعات سخت آهکی اش از شمال و جنوب آن را در بر گرفته است. آب چشمه گنو از دسته آبهای گوگردی خیلی گرم، کلر و سولفات‌دار محسوب می‌شود (اسدی، ۱۳۹۱).



شکل ۱. چشمه آب گرم خورگو

پس از جمع آوری نمونه های سیانوباکتری، از آب چشمه ها نیز جهت آنالیز فیزیوشیمیایی نمونه برداری شد دما و pH آب هر ۴ چشمه با دماسنج جیوه ای و pH متر، در محل چشمه اندازه گیری گردید، سپس نمونه آب هر چشمه طبق روش های استاندارد، نمونه برداری شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. مقدار هدایت الکتریکی آب، کدورت، PH، قلیابیت نسبت به متیل اورانژ، سختی کل، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلراید، فلئور، سولفات، فسفات نیتريت و نترات به روش های استاندارد آزمایشگاهی در آزمایشگاه اداره آب و فاضلاب استان هرمزگان اندازه گیری شد. نمونه های جمع آوری شده جهت به حداقل رساندن تغییرات کمی و کیفی فیتوپلانکتون ها، بعد از انتقال به آزمایشگاه به دو بخش تقسیم شد، یک بخش به منظور جداسازی و تهیه کشت خالص در یخچال نگهداری گردید و بخش دیگر از توده نمونه برداری شده جهت شناسایی با استفاده از فرمالین ۴٪ تثبیت شد. برای شناسایی جلبک‌های سبز-آبی موجود در توده های نمونه برداری شده از کلیدهای شناسایی معتبر (Komarek, 2005) و نیز جدیدترین مقالات مورفولوژیک مرتبط به این شاخه از جلبک ها استفاده گردید. به منظور شناسایی در قدم نخست صفات کلیدی و تعیین کننده مربوط به هر جنس مشخص شد. در مرحله بعد شناسایی بر مبنای این صفات انجام گرفت. از جمله صفات مهم در شناسایی مورفولوژیک نمونه ها می توان به شکل و رنگ کلنی ها، شکل، رنگ و اندازه تالس، طول و عرض تراکم ها، شکل و اندازه و رنگ سلول های رویشی، شکل سلول های راسی، وجود یا عدم وجود غلاف موسیلاژی اشاره نمود.

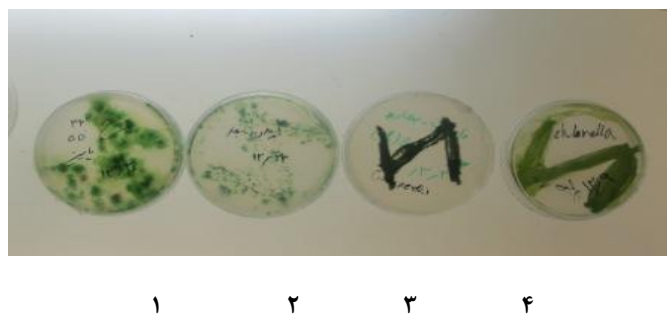
به منظور جداکردن جلبک‌ها از یکدیگر از روش های رقیق کردن و پلیت آگار استفاده گردید (Andersen, 2005). در این مطالعه به منظور خالص سازی جلبک‌های سبز-آبی از روش کشت های متناوب استفاده شد. نمونه های جلبکی بروی محیط کشت جامد استریل منتقل شدند. محیط کشت استفاده شده در این مطالعه محیط کشت BG-11 می باشد (جدول ۱).

جدول ۱. محیط کشت BG-11 (Stanier et al., 1971)

Ingredients	Quantity (gl ⁻¹)
NaNO ₃	1.5
K ₂ HPO ₄	0.04
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.075
CaCl ₂ .2H ₂ O	0.036
Citric acid	0.006
Ferric ammonium citrate	0.006
EDTA	0.001
Na ₂ CO ₃	0.02
Trace metal mix	1 ml l ⁻¹
H ₃ BO ₃	2.86
MnCl ₂ .4H ₂ O	1.81
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.222
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.390
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.079
Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	0.0494

بعد از رشد کافی جلبک ها در محیط کشت های جامد و واکشت های مجدد درون پلیت های جدید، کلنی های خالص حاصل گردید. در این مطالعه دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به عنوان دمای بهینه رشد جلبک‌های سبز-آبی تعیین شد. شدت نور ۲۵۰۰ لوکس با تناوب نوری ۱۲ ساعت نور، ۱۲ ساعت تاریکی و pH معادل ۸ تنظیم شد (شکل ۲).

با توجه به اثرگذاری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در ترکیب گونه ای جلبک‌های موجود در اکوسیستم‌های مورد مطالعه، و نیز با توجه به شرایط محیطی خاص چشمه های آب گرم در مقایسه با اکوسیستم‌های آبی رایج مورد مطالعه، ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب چشمه های مورد نظر آنالیز شد.



شکل ۲. پلیت ۱ و ۲، حاوی کلنی‌های ناخالص جلبکی، پلیت ۳، خالص از جلبک سبز- آبی تک سلولی، پلیت ۴، خالص از جلبک سبز- آبی رشته‌ای

نتایج

با توجه به نتایج به دست آمده از آنالیز فیزیکی- شیمیایی آب چشمه‌های مورد مطالعه، آب چشمه‌ها از دسته آب‌های شور (TDS بیشتر از ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر) و بسیار سخت (سختی بیش از ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر) می‌باشند. این سختی بالا به مقدار بالای یون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم مربوط می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲. آنالیز فیزیکی شیمیایی چشمه‌های مورد مطالعه و مقایسه آنالیز آب چشمه‌ها

گنو	حاجی آباد	خورگو	
۱۳۴۳۰	۱۹۷۸	۴۴۶۵۰	هدایت الکتریکی
۰/۸۹	۵/۴۹	۰/۷۶	کدورت
۷/۱۱	۵/۴۲	۷/۱۲	PH
۸۳۱۰	۱۰۹۰	۳۱۷۰۰	کل مواد جامد محلول
۱۱۴	۱۷۳	۳۰۰	قلیائیت نسبت به متیل اورانژ
۱۲۷۰	۸۳۶	۳۹۵۰	سختی کل
۳۴۴/۶۸	۸۳۶	۳۹۵۰	کلسیم
۱۰۳/۳۹	۶۳/۱۸	۷۵۹/۰۱	منیزیم
۱۰۳/۳۹	۶۳/۱۸	۷۵۹/۰۱	سدیم
۵۱	۸۱	۶۷	پتاسیم
۴۵۷۹	۲۵۴/۳۸	۲۵۵۸۵/۶	کلراید
۲/۸	-	۴/۸۵	فلوئور
۶۷۶	۶۸۰/۴	۲۰۹۰	سولفات
۰/۰۳	□۰/۰۰۳	۰/۱۷۱	فسفات
۰/۱	۰/۱	۳/۱	نترات
□۰/۰۱	□۰/۰۱	□۰/۰۱	نیتريت

آب این چشمه‌ها شفاف و بی‌رنگ و با بوی شدیداً گوگردی است. از نظر دمایی، چشمه حاجی آباد با محدوده دمایی بین ۳۳ تا ۳۷ درجه، چشمه خورگو با محدوده دمایی ۳۴ تا ۴۵ درجه و چشمه منطقه گنو با محدوده دمایی ۳۷ تا ۴۲ درجه سانتیگراد گزارش شده است.

با توجه به آنالیز فیزیوشیمیایی چشمه‌ها و توزیع گونه‌ها در چشمه‌های مورد مطالعه، چشمه حاجی آباد به دلیل دمای نه چندان گرم و شرایط مطلوب محیطی که در نتایج آنالیز فیزیوشیمیایی آن مشخص گردید از تنوع گونه‌ای بسیار بالایی برخوردار می‌باشد که در پایین‌ترین دمای مشاهده شده در این چشمه (۳۳ درجه) بالاترین میزان تنوع گونه‌ای قابل مشاهده است. جنس‌های *Oscillatoria*، *Phormidium* و *Chroococcus* هر کدام با داشتن ۵ گونه بیشترین تنوع گونه‌ای و جنس‌های *Planktolingbya*، *Leptolyngbya*، *Plectonema*، *Schizothrix*، *Microcoleus*، *Planktothrix*، *Gomontiella*، *Anabaena* و *Aulosira* هر کدام با داشتن یک گونه کمترین میزان تنوع را به خود اختصاص داده‌اند. جنس *Jaaginema* و چهار گونه آن در همه محدوده‌های دمایی یافت می‌شوند (جدول ۳).

جدول ۳. لیست فلور جلبکی چشمه آب گرم حاجی آباد

Genus	Taxon			
	37°C	36°C	34°C	33°C
Jaaginema	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>
	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>
	<i>pseudogeminatum</i>	<i>pseudogeminatum</i>	<i>pseudogeminatum</i>	<i>pseudogeminatum</i>
	<i>geminatum</i>	<i>geminatum</i>	<i>geminatum</i>	<i>geminatum</i>
Limnothrix	-	<i>mirabilis</i>	-	-
pseudanabeana	<i>limnetica</i>	<i>limnetica</i>	-	<i>frigida</i>
	<i>starchimi</i>	<i>starchimi</i>	-	<i>starchimi</i>
	-	<i>catantea</i>	-	-
Geitlerinema	-	<i>numidicum</i>	<i>amphibium</i>	<i>amphibium</i>
Spirulina	<i>tenerrima</i>	<i>tenerrima</i>	<i>tenerrima</i>	<i>tenerrima</i>
	-	-	<i>menanghiniana</i>	<i>menanghiniana</i>
	-	<i>labrynthiformis</i>	<i>labrynthiformis</i>	<i>labrynthiformis</i>
	<i>subtelissima</i>	<i>subtelissima</i>	<i>subtelissima</i>	<i>subtelissima</i>
Planktolingbya	<i>limnetica</i>	<i>limnetica</i>	-	-
Leptolyngbya	-	<i>foveolarum</i>	-	-
Oscillatoria	<i>perornata</i>	-	-	<i>sancta</i>
	<i>limosa</i>	<i>limosa</i>	<i>limosa</i>	<i>limosa</i>
	-	-	<i>anguinea</i>	<i>anguinea</i>
	-	<i>margaritifera</i>	<i>margaritifera</i>	<i>margaritifera</i>
	-	<i>subbervis</i>	<i>subbervis</i>	<i>subbervis</i>
Lyngbya	<i>thermalis</i>	-	<i>thermalis</i>	<i>thermalis</i>
	-	<i>martensiana</i>	<i>martensiana</i>	<i>martensiana</i>
	-	-	<i>stagnina</i>	<i>major</i>
	<i>austerri</i>	<i>austerri</i>	<i>austerri</i>	<i>austerri</i>
Plectonema	-	-	-	<i>tomasinianum</i>
Schizothrix	-	-	-	<i>fragile</i>
Komvophonon	-	-	<i>bourrellyi</i>	<i>minutum</i>
	-	-	-	<i>constrictum</i>
Microcoleus	-	<i>lacustris</i>	-	-
Planktothrix	-	<i>agardhi</i>	-	-
Phormidium	<i>diguët</i>	<i>diguët</i>	<i>molle</i>	<i>diguët</i>
	<i>arcticulatum</i>	<i>animale</i>	-	<i>numidicum</i>
	<i>chalybeum</i>	<i>chalybeum</i>	-	<i>animale</i>
	-	<i>oknei</i>	-	<i>nigrum</i>

	-	-	<i>ambigum</i>	<i>bohneri</i>
Gomontiella	-	-	-	<i>subtobulosa</i>
Anabaena	-	-	spp	spp
Aulosira	-	<i>fertilissima</i>	-	<i>fertilissima</i>
chroococcus	-	<i>turgidus</i>	<i>turgidus</i>	<i>turgidus</i>
	-		<i>tenax</i>	<i>tenax</i>
	-	<i>macrococcus</i>	<i>macrococcus</i>	<i>macrococcus</i>
	-	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>
Aphanocapsa	-	<i>dispersus</i>	<i>dispersus</i>	<i>dispersus</i>
	<i>thermalis</i>	<i>thermalis</i>	<i>thermalis</i>	<i>thermalis</i>
Synechocystis	-	-	<i>elachista</i>	<i>elachista</i>
	-	-	<i>aquatilis</i>	<i>aquatilis</i>
	<i>thermalis</i>	<i>thermalis</i>	<i>minuscola</i>	<i>minuscola</i>
cyanobium	-	<i>thermalis</i>	-	-
Aphanothece	<i>thermicola</i>	<i>thermicola</i>	<i>thermicola</i>	<i>thermicola</i>
Cyanobacterium	-	<i>diatomicola</i>	<i>minervae</i>	-
Synechococcus	-	<i>minervae</i>	<i>minervae</i>	-
Johannesbaptistia	-	-	<i>elongatus</i>	<i>elongatus</i>
	-	-	<i>pellucida</i>	<i>pellucida</i>

طبق نتایج حاصله از فلور جلبکی چشمه آب گرم خورگو، با توجه به شرایط محدود کننده‌ای که طبق جدول آنالیز فیزیوشیمیایی آب در این چشمه وجود دارد تنوع گونه‌ای در این چشمه بسیار پایین می‌باشد. تنها جنس *Jaaginema* با داشتن چهار گونه از تنوع خوب و بالاتری نسبت به سایر جنس‌ها برخوردار است که دو گونه *Jaaginema angustissimum* و *Jaaginema metaphyticum* در همه محدوده‌های دمایی یافت می‌شود و جنس *Komvophoron* با داشتن دو گونه در ردیف بعدی قرار دارد و بقیه جنس‌ها هر کدام دارای یک گونه می‌باشند (جدول ۴).

چشمه آب گرم گنو با داشتن پنج طیف دمایی مختلف و با توجه به شرایط محیطی مطلوب‌تری که از آنالیز آب این چشمه نسبت به چشمه خورگو حاصل شد از تنوع گونه‌ای نسبتاً خوبی برخوردار بود. در این چشمه جنس *Chroococcus* با پنج گونه تنوع بالاتری نسبت به سایر جنس‌ها داشت، جنس *Jaaginema* با داشتن چهارگونه در ردیف بعدی از نظر تنوع قرار گرفت و جنس‌های *Rhabdoderma*، *Nudularia* و *Synechococcus* هرکدام با داشتن یک گونه از پایین‌ترین میزان تنوع برخوردار بودند. گونه‌های *Jaaginema metaphyticum*، *Jaaginema angustissimum*، *Oscillatoria tenuis*، *Geitlerinema*، *Chroococcus turgidus*، *Chroococcus minutus*، *Cyanobacterium cedrurum* و *Spirulina sabsalsa* در همه طیف‌های دمایی یافت شدند (جدول ۵).

جدول ۴. لیست فلور جلبکی چشمه آب گرم خورگو

Genus	Taxon				
	45 °c	37°c	36°c	35°c	34°c
<i>Jaaginema</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>
	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>
	<i>pseudogeminatum</i>	<i>pseudogeminatum</i>	-	-	-
	<i>geminatum</i>	<i>geminatum</i>	-	-	-
<i>Limnothrix</i>	<i>redeki</i>	<i>redeki</i>	<i>redeki</i>	<i>redeki</i>	<i>redeki</i>
<i>pseudanabeana</i>	-	-	-	<i>catantea</i>	<i>catantea</i>
<i>Geitlerinema</i>	<i>amphibium</i>	<i>amphibium</i>	<i>amphibium</i>	<i>amphibium</i>	<i>amphibium</i>
<i>leptolyngbya</i>	-	-	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>
<i>Komvophoron</i>	-	<i>bourrellyi</i>	<i>bourrellyi</i>	-	-
	<i>minutum</i>	<i>minutum</i>	-	-	-
<i>Syneocystis</i>	<i>aquatilis</i>	<i>aquatilis</i>	<i>aquatilis</i>	<i>aquatilis</i>	<i>aquatilis</i>
<i>chroococcus</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>
<i>Cyanobacterium</i>	-	-	-	<i>cedrorum</i>	<i>cedrorum</i>

جدول ۵. لیست فلور جلبکی چشمه آب گرم گنو

Genus	Taxon				
	42°c	41°c	40°c	39 °c	37°c
<i>Jaaginema</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>	<i>angustissimum</i>
	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>	<i>metaphyticum</i>
	<i>quadripunctuata</i>	<i>quadripunctuata</i>	-	<i>geminatum</i>	<i>geminatum</i>
	-	-	-	<i>pseudogeminatum</i>	<i>pseudogeminatum</i>
<i>pseudanabeana</i>	<i>catantea</i>	<i>catantea</i>	<i>catantea</i>	<i>catantea</i>	<i>catantea</i>
	<i>minima</i>	<i>minima</i>	<i>minima</i>	-	-
	-	-	<i>mucicola</i>	-	<i>mucicola</i>
	-	-	-	<i>starchimi</i>	<i>starchimi</i>
<i>Limnothrix</i>	<i>redeki</i>	-	<i>redeki</i>	-	-
<i>Geitlerinema</i>	<i>amphibium</i>	<i>amphibium</i>	<i>amphibium</i>	<i>amphibium</i>	<i>amphibium</i>
<i>Spirulina</i>	<i>sabsalsa</i>	<i>sabsalsa</i>	<i>sabsalsa</i>	<i>sabsalsa</i>	<i>sabsalsa</i>
	<i>tenerrima</i>	<i>tenerrima</i>	<i>tenerrima</i>	-	<i>tenerrima</i>
	-	-	<i>subtlissima</i>	<i>subtlissima</i>	<i>subtlissima</i>
<i>Phormidium</i>	-	-	-	<i>acuminatum</i>	<i>acuminatum</i>
	<i>chalybeum</i>	-	-	<i>chalybeum</i>	<i>chalybeum</i>
	<i>formosum</i>	<i>formosum</i>	-	<i>formosum</i>	<i>formosum</i>
<i>Brozia</i>	-	-	<i>Spp.</i>	<i>spp</i>	<i>Spp</i>
<i>Komvophoron</i>	<i>bourrellyi</i>	<i>bourrellyi</i>	<i>bourrellyi</i>	-	-
	-	-	-	<i>minutum</i>	<i>minutum</i>
<i>Oscillatoria</i>	-	-	-	<i>limosa</i>	<i>limosa</i>
	-	<i>nitida</i>	<i>nitida</i>	<i>subbervis</i>	<i>subbervis</i>
	<i>tenuis</i>	<i>tenuis</i>	<i>tenuis</i>	<i>tenuis</i>	<i>tenuis</i>
<i>Nodularia</i>	<i>spumigena</i>	<i>spumigena</i>	-	-	-
<i>Synechococcus</i>	<i>elongatus</i>	-	<i>elongatus</i>	<i>elongatus</i>	<i>eongatus</i>
<i>Rhabdoderma</i>	<i>irregulare</i>	<i>irregulare</i>	<i>irregulare</i>	-	-
<i>Cyanobacterium</i>	-	-	-	<i>minervae</i>	<i>minervae</i>
	-	-	<i>cedrorum</i>	<i>cedrorum</i>	<i>cedrorum</i>
<i>Synechocystis</i>	<i>aquatilis</i>	<i>quatilis</i>	<i>quatilis</i>	<i>quatilis</i>	<i>quatilis</i>
	<i>minuscola</i>	<i>minuscola</i>	<i>minuscola</i>	<i>minuscola</i>	<i>minuscola</i>
	<i>thermalis</i>	<i>thermalis</i>	-	-	-
<i>chroococcus</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>
	<i>turgidus</i>	<i>turgidus</i>	<i>turgidus</i>	<i>turgidus</i>	<i>turgidus</i>
	-	-	<i>minor</i>	<i>minor</i>	<i>minor</i>
	-	-	<i>dispersus</i>	<i>dispersus</i>	<i>dispersus</i>
	<i>membrannimus</i>	<i>memberanimus</i>	-	-	-

بر طبق نتایج حاصل از جدول درصد فراوانی، جنس *Phormidium* با درصد فراوانی ۱۶/۸۸٪ بیشترین تنوع، جنس *Oscillatoria* و *Chroococcus* با درصد فراوانی ۹/۰۹٪ در ردیف دوم و جنس *Lyngbya* و *Spirulina* با درصد فراوانی ۷/۱٪ در ردیف سوم از لحاظ فراوانی قرار گرفتند (جدول ۶).

جدول ۶. درصد فراوانی جنس‌های مشاهده شده در تحقیق

جنس	تعداد کل گونه	درصد فراوانی
Jaaginema	۴	٪۵/۱۹
Limnothrix	۲	٪۲/۵۹
pseudanabeana	۵	٪۷/۱
Geitlerinema	۲	٪۲/۵۹
Spirulina	۵	٪۷/۱
Planktolyngbya	۱	٪۱/۲۹
Leptolyngbya	۲	٪۲/۵۹
Oscillatoria	۷	٪۹/۰۹
lyngbya	۵	٪۷/۱
Plectonema	۱	٪۱/۲۹
Schizothrix	۱	٪۱/۲۹
Komvophoron	۳	٪۳/۸۹
Microcoleous	۱	٪۱/۲۹
Planktothrix	۱	٪۱/۲۹
Brozia	۱	٪۱/۲۹
Phormidium	۱۳	٪۱۶/۸۸
Gomentiaella	۱	٪۱/۲۹
Nodularia	۱	٪۱/۲۹
Anabaena	۱	٪۱/۲۹
Chroococcus	۷	٪۹/۰۹
Gomentiaella	۱	٪۱/۲۹
Nodularia	۱	٪۱/۲۹
Anabaena	۱	٪۱/۲۹
Aulosira	۱	٪۱/۲۹
Aphanocapsa	۲	٪۲/۵۹
Synechocystis	۳	٪۳/۸۹
cyanobium	۱	٪۱/۲۹
Rhabdoderma	۱	٪۱/۲۹
Aphanothece	۱	٪۱/۲۹
Cyanobacterium	۲	٪۲/۵۹
Synechococcus	۱	٪۱/۲۹
Johannesbaptistia	۱	٪۱/۲۹

بحث

مطالعات اولیه بر روی جلبک‌های چشمه‌های آب گرم و ترکیب فلوربستیکی آنها توسط Kaplan در سال ۱۹۵۶ انجام شد که مشتمل بر بررسی درجه حرارت، pH، مطالعه کلنی باکتری‌های اکسید کننده گوگرد، باکتری سولفور-فتوسنتزی، باکتری‌های احیا کننده سولفات و جلبک‌های مناطق جزیره ای معروف روتورا، تائوپا و وایت بود. هزاران چشمه آب گرم بر روی زمین شناخته شده اند که عمدتاً در مناطق آتشفشانی مانند نیوزیلند و ایسلند واقع شده‌اند. جوامع بیولوژیک در چشمه‌های گرم پارک یلوستون و پارک ملی مونت رینیر در آمریکای شمالی با تاکید بر پراکنش و تولید در جوامع جلبکی مورد مطالعه قرار گرفته است (Brock and Brock, 1966). در مطالعات جلبکی چشمه‌های گرم پارک ملی تونگارویو، ۹ جلبک

سبز-آبی و یک گونه جلبک سبز گزارش شده است. مطالعات دیگری نیز بر روی جلبک‌های سبز-آبی چشمه‌های آب گرم در سراسر جهان انجام گرفته است (Castenholz, 1969 and 1996; Brock, 1978; ward *et al.*, 1989; Sompong *et al.*, 2005; Thomas and Gonzalves, 1965; Jha and Kumar, 1990; Jha, 1992; Adhikary, 2006; Jana, 1973).

مطالعه حاضر با توجه به اهمیت شناسایی جلبک‌های سبز-آبی قادر به رشد در چشمه‌های آب گرم آغاز شد. با وجود محدودیت‌های موجود در مراحل مختلف انجام کار سعی گردید تا از جنبه‌های مختلف سیستماتیکی، مورفولوژیکی، فیلوژنتیکی و فیزیولوژیکی به مطالعه جلبک‌های سبز-آبی ترموفیل ۳ چشمه آب گرم مورد بررسی پرداخته شود تا یک گزارش نوین از فرم‌های ترموفیل موجود در چشمه‌های آب گرم مورد مطالعه ارائه شود. در این مطالعه از کل ۷۷ گونه شناسایی شده، ۱۹ گونه مربوط به راسته Chroococcales (۲۴/۶٪) و ۳ گونه مربوط به راسته Nostocales (۳/۸٪) و ۵۵ گونه مربوط به راسته Oscillatoriales (۷۱/۴٪) می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌گردد راسته Nostocales که راسته جلبک‌های سبز-آبی هتروسیست دار می‌باشد کمترین میزان درصد فراوانی گونه‌ای را در روند مطالعاتی حاضر نشان داد، به طوریکه فقط دو تاکسون در چشمه آب گرم حاجی آباد و یک تاکسون در چشمه آب گرم گنو از این راسته شناسایی شد. در مقابل، راسته Chroococcales با داشتن ۲۴/۶٪ از تنوع نسبتاً خوبی و راسته Oscillatoriales با داشتن ۷۱/۴٪ از بیشترین میزان تنوع برخوردار بود. از بین جنس‌های شناسایی شده جنس Phormidium با داشتن ۱۳ گونه (۱۶/۸٪) بیشترین میزان تنوع را دارا می‌باشد (جدول ۸). در مقایسه بین سه چشمه آب گرم مطالعه شده ۶۳ گونه مربوط به چشمه آب گرم حاجی آباد، ۱۳ گونه مربوط به خورگو و ۳۶ گونه مربوط به گنو می‌باشد که جنس Jaginema با چهار گونه اش در همه چشمه‌ها حضور دارند. چشمه آب گرم حاجی آباد به دلیل دمای پایین تر نسبت به چشمه‌های دیگر و همچنین میزان اکسیژن محلول بیشتر، از شرایط مطلوب تری جهت رشد جلبک‌های سبز-آبی برخوردار است و حضور بیشترین تعداد گونه و تنوع گونه‌ای شناسایی شده در این چشمه را می‌توان به شرایط محیطی مناسب تر در آن نسبت داد. در مقابل، چشمه آب گرم خورگو به علت داشتن فاکتورهای محدود کننده همچون سختی کل بالا، درصد مواد محلول بالا، داشتن درصد بالایی از ترکیباتی مانند سولفات، فسفات، کلراید و همچنین درصد بالایی از عناصری مانند فلئوئور، سدیم، منیزیم و کلسیم، میزان تنوع گونه‌ای بسیار پایینی داشت.

منابع

اسدی، م. ۱۳۹۱. بررسی میزان تحول چشمه‌های کارستی استان هرمزگان. طرح پژوهشی استانی. دانشگاه پیام نور. شاه‌بیگ، ا. ۱۳۷۲. آبهای معدنی و گرم ایران. سازمان زمین‌شناسی کشور. ۳۹۰ صفحه.

- Adhikary, S.P. 2006. Blue Green Algae: Survival Strategies in Diverse Environment. Pointer Publication, Jaipur. 201 p.
- Allen, M.B. 1950. The dynamic nature of thermophily. The Journal of General Physiology. 33: 205-214.
- Allen, M.B. 1953. The thermophilic aerobic sporeforming bacteria. Bacteriology Reviews. 17: 125-173.
- Andersen, R.A. 2005. Algal Culturing Techniques. Elsevier Academic Press. 589 p.
- Brock, T.D., Brock, M.L. 1966. Temperature optima for algal development in Yellowstone and Iceland hot spring Nature. 2009: 733-741.
- Brock, T.D. 1967. Micro-organisms adapted to high temperatures. Nature. 214: 882-885.
- Brock, T.D. 1978. Thermophilic Microorganisms and Life at High Temperatures. Springer-Verlag, Berlin. 465 p.
- Castenholz, R.W. 1969. The thermophilic cyanophytes of Iceland and the upper temperature limit. Journal of Phycology. 5: 350-358.
- Castenholz, R.W. 1996. Endemism and biodiversity of thermophile cyanobacteria. Nova Hedwigia Beihefte. 112: 33-47

- 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.
- Desikachary, T.V. 1959. Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. 684 p.
- Jana, B.B. 1973. The thermal springs of Bakreswar, India physi-co-chemical conditions, Flora and Fauna. *Hydrobiologia*. 41: 291-307.
- Jha, M. 1992. Hydrobiological studies on SurajKund and ChandramaKund, hot springs of Rajgir, Bihar, India. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie*. 77: 435-443.
- Jha, M., Kumar H.D. 1990. Cyanobacterial flora and physico-chemical properties of Saptadhara and Brahma Kundhotsprings of Rajgir, Bihar, India. *Nova Hedwigia* 50: 529-534
- Kaplan, I.R. 1956. Evidence of microbiological activity in some of the geothermal regions of New Zealand. *New Zealand Journal of Science and Technology*. 37: 639-662
- Komárek, J. 2005. The modern classification cyanoprokaryotes *Oceanological and Hydrobiological studies*. XXXIV(3): 5-17
- Patil, L.S., Kulkarni, M.V., Puranik, P.R. 2009. Assessment of antibacterial potential of some indigenously isolated cyanobacterial species. *Journal of Pharmacy Research*. 2(6): 1116-1119.
- Sompong, U., Hawkins P.R., Besley C., Peerapornpisal, Y. 2005. The distribution of cyanobacteria across physical and chemical gradients in hot springs in northern Thailand. *FEMS Microbiology Ecology*. 52: 365-376.
- Stanier, R.Y., Kunisawa, R., Mandel, M., Cohen-Bazire, G. 1971. Purification and properties of unicellular blue- green algae (order Chroococcales). *Bacteriology Reviews*. 35: 171-205.
- Swain, F.M. 1969. Paleomicrobiology. *Annual Review of Microbiology*. 23: 455-472.
- Thomas, J., Gonzalves, E.A. 1965. Thermal algae of Western India: VII. Algae of the hot springs at Rajapur. *Hydrobiologia*. 26: 66-71
- Ward, D.M., Weller, R., Shiea, J., Castenholz, R.W., Cohen, Y. 1989. Hot spring microbial mats: anoxygenic and oxygenic mats of possible evolutionary significance. In: Cohen Y. and Rosenberg E. (eds), *Microbial Mats: Physiological Ecology of Benthic Microbial Communities*. American Society for Microbiology, Washington D.C. pp. 3-15.
- Mohamed, Z.A. 2008. Toxic cyanobacteria and cyanotoxins in public hot springs in Saudi Arabia. *Toxicon*. 51(1): 17-27
- Zareidarki, B. 2011. Cyanophyta from Different Water Bodies of Iran. *International Journal on Algae*. 13(1): 52-62.