Archive of SID

استفاده بهینه از پساب آب شیرین کن ها

جلوه سهرابی پور[۱]، رضا ربیعی[۱] و اسما ربیعی[۲]

۱ : عضو هیت علمی و استادیارپژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان

۲: دانشجویی مهندسی آبیاری دانشکده مهندسی - دانشگاه شیراز

چکیده

ذخائر آب جهان در حدود ۱/۳۰۵ میلیارد کیلومتر مکعب است که از این مقدار ۹۷ درصد آن را آبهای شور دریاها و اقیانوسها و ۳ درصد آنرا آبهای شیرین تشکیل می دهند که ۶۸/۷ درصد آبهای شیرین نیز به صورت یخچالهای طبیعی و دائمی است و ۳۰/۱ درصد از آبهای شیرین به صورت زیر زمینی است و تنها ۰/۹ درصد آن را آبهای سطحی تشکیل میدهند که بخشی از آنها قابل استفاده بوده و بخش قابل توجهی از این مقدار اندک نیز بدلیل برداشت های بی رویه و استفاده های نامطلوب به هدر رفته و یا به فاضلاب و آبهای الوده تبدیل شده است. این آمار و ارقام همگی بیانگر آن است که آینده جمعیت جهان با روند فزاینده رشد خود و محدودیت شدید منابع آب قابل شرب با معضلات و مشکلات جدی مواجه خواهد بود. قاره آسیا با ۶۰ درصد جمعیت جهان تنها ۳۶ درصد منابع آب تجدید شونده و قابل استفاده را در اختیار دارد در حالیکه منطقه آمازون با ۱۴ درصد منابع آب تنها ۴ درصد جمعیت جهان را در خود جای داده است . این توزیع نامتوازن منابع آبی قابل استفاده روی کره زمین باعث شده است که دستیابی به روشهایی برای شیرین کردن آب و نمک زدایی از آب دریا یکی از دغدغه های اساسی کشورها به خصوص کشورهایی باشد که در نواحی گرم و خشک و کم باران کره زمین واقع هستند. بهمین دلیل روشهای متعددی برای نمک زدایی از آب دریا ابداع گردیده است. کشور ایران با در بر داشتن ۱ درصد جمعیت جهان تنها حدود ۰/۳۶ درصد از آب شیرین قابل استفاده را در اختیار دارد که طبق تخمین های به عمل آمده حدود ۱۳۰ میلیارد مترمکعب آب است که حدود ۷۰ درصد آن برداشت شده و حداکثر تا ۸۵ درصد قابل برداشت می باشد. توزیع این منابع آب در کشور نیز نامتوازن بوده و بالغ بر ۷۰ درصد ذخائر کشور نیز در نیمه غربی کشور بوده که عمده این ذخائر نیز در فصلی در دسترس هستند که امکان بهره برداری زراعی وجود ندارد. طبق پیش بینی ها سرانه آب مصرفی برای هر نفر در سال ۱۴۰۴ حدود ۱۰۰۰ متر مکعب در سال تعیین شده که از نظر شاخص های بین المللی در محدوده بحرانی می باشد. تمام این مسائل نشان از ناگزیر شدن به استحصال آب از آبهای شور دریایی و دریاچه ها و آبهای زیر زمینی شور کشور است که نیازمند سرمایه گذاری فراوانی می باشد. در میان کشورهای مختلف جهان عربستان با استحصال ۳۶ درصد آب شیرین از آب دریا آب مقام نخست را در بین کشورهای جهان داشته و در این میان کشور ایران با استحصال روزانه ۴۲۷ هزار مترمکعب آب مقام دهم را در میان این کشورها دارد. روشهای متعددی همچون روش تبخیر چند مرحله ای (MSF) ، روش تقطیر چند مرحله ای (ME) و روش اسمز معکوس (RO) برای نمک زدایی از آبهای شور استفاده میشود که در بسیاری از

www.SID.ir

Archive of SID

این روشها انرژی گرمایی نیز مورد نیاز است که این انرژی عمدتاً از سوخت های فسیلی بوده و اخیراً نیز از انرژی های خورشیدی و انرژی گرمایی تاسیسات هسته ای استفاده میشود. روشهای ترکیبی متعددی نیز به کار گرفته شده که تماماً سعی در کاهش هزینه ها و مشکلات و معضلات زیست محیطی تاسیسات آب شیرین کنها دارند. هزینه های بالای انرژی و نصب و نگهداری سیستم ها و استهلاک آنها از یکسو و صدمات زیست محیطی ناشی از افزایش دما و شوری پسابهای حاصله از سوی دیگر از معضلات اساسی برای تامین نیاز ضروری آب مورد نیاز است. تحقیقات علمی گسترده و دامنه داری در جهت کاهش این معضلات به خصوص مشکلات زیست محیطی حاصله در کشورهای مختلف در حال انجام است . حتی اگر از مشکلات تامین سرمایه و انرژی مورد نیاز این تاسیسات هم چشم پوشی شود دفع پساب گرم و شدیداً شور شده کارخانه های آب شیرین کن مشکل اساسی و عظیمی بوده که منجر به مخاطرات زیستی محیطی شدیدی نظیر شور شدن نواحی خشکی و دریایی اطراف این تاسیسات و انقراض بسیاری از گونه ها و به هم خوردن توازن طبیعی این اکوسیستم ها و نهایتاً مشکلات گسترده در محیط زیست می گردد. روشهای محتلفی برای کاهش اثرات دفع این پسابها به کار گرفته شده است که شامل دفع به رودخانه ها و آبهای سطحی ، تبخیر پسابها و تولید نمک جامد، تزریق پسابها به درون چاههای عمیق، استفاده در تولید مواد اسفالت (saltcret) ، استفاده در فرو نشاندن گرد و خاک ، استفاده در کاهش یخبندانهای جاده ای است که همه باز به نحوی موجب شور شدن محیط می گردند. اخیراً استفاده از جلبک های میکرسکوپی به عنوان یک راه حل زیستی با بهره وری اقتصادی بالا مورد توجه قرار گرفته است . گونه های متعددی از جلبک های سبز و سیانوفیسه میکروسکوپی در این خصوص مورد مطالعه قرار گرفته اند و نتایج این مطالعات نشان داده است که این گونه ها قادرند در شوریهای بالای این پسابها و در معرض دمای بالا و شدت نور بهترین عملکرد تولید را داشته باشند. برخی از گونه ها نظیر گونه های Scendesmus قادر هستند میزان نمکهای موجود در پسابهای شدیداً شور را تا سه برابر کاهش داده و میزان شوری را به محدوده طبیعی رسانیده که مشکلی در دفع به دریا ایجاد نشود . گونه های جنس های Spirulina ، Chlorella ، Haematococcus و Dunaliella نیز با رشد سریع و فراوان خود در آبهای شدیداً شور و در دمای بالا بیومس فراوانی تولید نموده که علاوه بر مصرف دی اکسیدکربن و کاهش اثرات گلخانه ای ، بیومس حاصله دارای کاربردهای وسیعی جهت تامین علوفه و خوراک دام و طیور و مکمل های خوراک انسانی بوده و مواد زیستی ارزشمندی نظیر انواع کاروتن ها به خصوص بتا-کاروتن و آستاگزانتین داشته که دارای ارزش غذایی و دارویی بالایی بوده و با بهای گزافی به فروش می رسند. علاوه بر این تولید سوخت های زیستی نظیر بیودیزل ها و بیواتانولها از این بیومس تولیدی امیدهای تازه کشورهای توسعه یافته برای تامین انرژی مورد نیاز آینده می‌باشند. نمک های جامد حاصله پس از برداشت محصول نیز به راحتی قابل تبدیل به فراکشن های مختلف بوده که قابل استفاده در بسیاری از صنایع می باشند .

کلمات کلیدی: پساب، آب شیرین کن، جلبکهای میکروسکوپی، بیومس

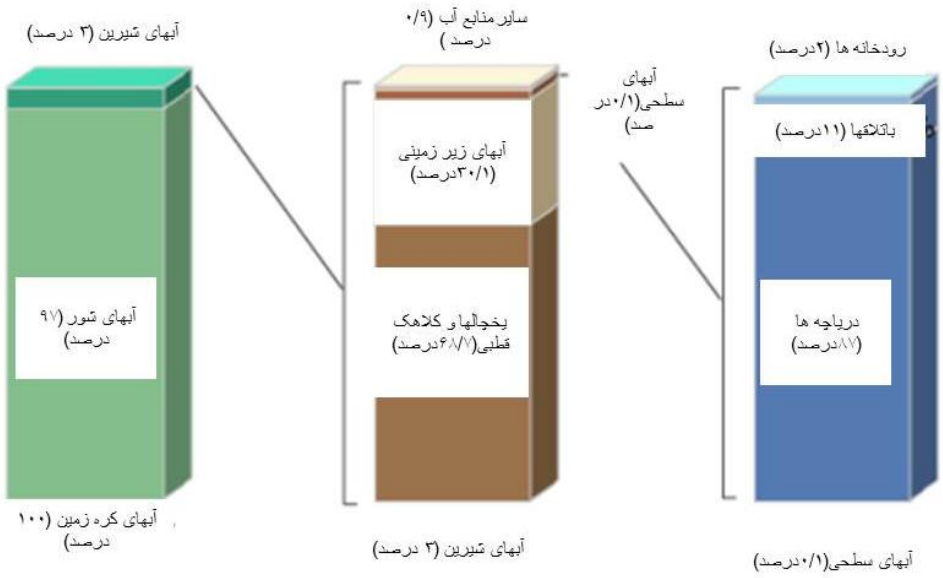
مقدمه

ذخائر آب کره زمین ۱/۳۰۵ میلیارد کیلومتر مکعب برآورد گردیده است که از این مقدار ۹۷ درصد آنرا آبهای شور دریاها و اقیانوسها تشکیل می دهند وتنها ۳ درصد آن آبهای شیرین می باشد که ۶۸/۷ درصد از این ۳ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

بصورت یخچالها و کلاهک های قطبی به صورت یخهای دائمی بوده و ۳۰/۱ درصد آنرا نیز آبهای زیر زمینی تشکیل داده و تنها ۰/۹ درصد از آبهای شیرین موجود بر روی کره زمین در دسترس مستقیم انسان می باشد(تصویر ۱). این منابع آب شیرین قابل دسترس نیز دارای توزیع متوازنی نمی باشند بطوریکه قاره آسیا با ۶۰ درصد جمعیت جهان تنها به ۳۶ درصد منابع آب شیرین دسترسی داشته و منطقه آمازون با ۴ درصد جمعیت در برگیرنده ۱۴ درصد آب شیرین روی زمین می باشد. این ناهمگونی در توزیع و نیز الگوهای اقلیمی حاکم بر روی کره زمین (تصویر ۲) باعث گردیده است که ۱/۲ میلیارد از جمعیت روی کره زمین که در مناطق کم آب آن زندگی کنند با مشکل کم آبی مواجه باشند. از آنجایی که روند رشد جمعیت جهان به خصوص در این نواحی در حال افزایش می باشد ولی در عین حال منابع آب روی زمین ثابت بوده و حتی در مورد منابع آب شیرین روند تخریبی نیز داشته و بسیاری از ذخائر آب شیرین در نتیجه مصارف غیر اصولی و برداشتهای بی رویه برای اهداف عمدتاً کشاورزی مورد بهره برداریهای بی رویه قرار گرفته و عملاً حجم قایل توجهی از این دخائر آب شیرین نیز غیر قابل استفاده گردیده است. لذا نیاز شدیدی برای تامین آب شیرین برای شرب ، کشاورزی و کاربریهای صنعتی در مناطق کم آب احساس می شود.



تصویر ۱ – تقسیم بندی منابع آب روی کره زمین

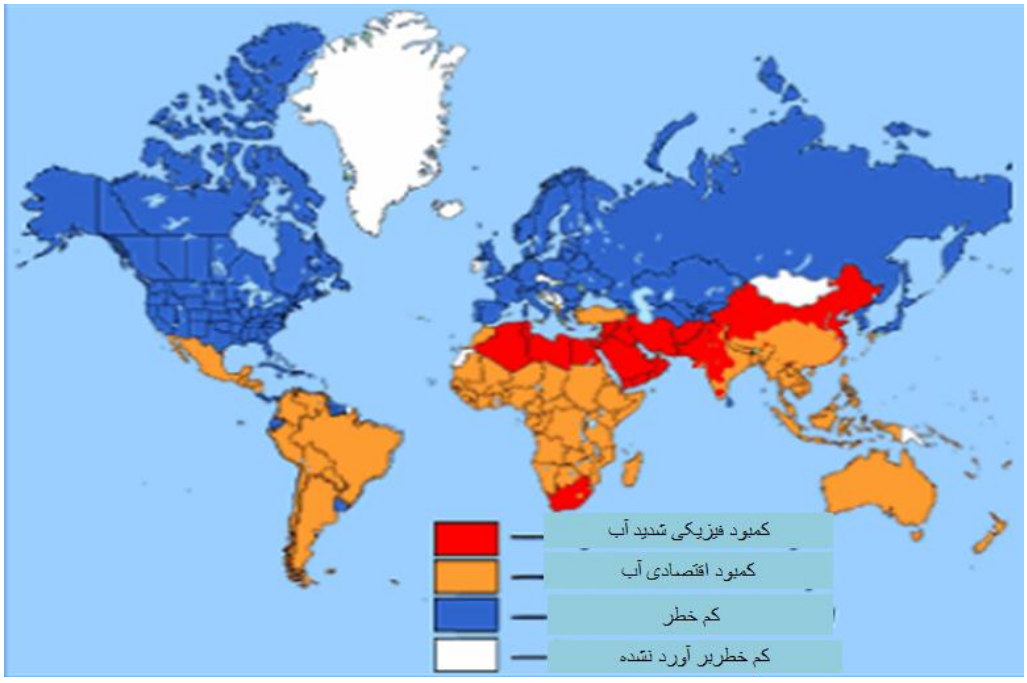
تامین غذای جمعیت رو به رشد کره زمین نیازمند تامین منابع آب مطمئن برای پرورش و کاشت محصولات گیاهی است تا بتوان نیازهای غذایی انسان، دام، طیور و آبزیان مختلف را فراهم نمود. آبهای دریاها و اقیانوسها که ۹۷ درصد دخائر آبی جهان را تشکیل می دهند پوشش دهنده ۷۱درصد وسعت کره زمین بوده و از ۲۹ درصد باقی مانده که خشکی های زمین را شامل می شود تنها ۳۷ درصد زمینهای زراعی و مطلوب کشاورزی و جنگلهای جهان را تشکیل می دهند که بیانگر محدودیت منابع خاکی نیز بوده (تصویر ۲) و این در حالیست که این وسعت محدود نیز با دستکاریهای انسان روند تخریبی داشته و علاوه بر آن تغییرات الگوهای بارش در مناطق مختلف جهان مزید بر علت گردیده و باعث شور شدن حجم قابل توجهی از خاکهای مستعد کشاورزی نیز گردیده است که این امر نیز به نوبه خود

www.SID.ir

Archive of SID

بر روند تخریب ذخائر زیستی زمین افزوده است . این محدودیت های رو به تزاید در منابع آب و خاک زراعی انسان را ناگزیر به استفاده از آب دریاها و اقیانوسها نموده است. ناگزیر شدن انسان به استفاده از آبهای دریایی برای نامین آب شرب و کشاورزی و صنعت نیز منتهی به ایجاد تخریب های زیست محیطی مختلف در اکوسیستم های دریایی و خشکی های همجوار و نیز در کل اتمسفر کره زمین شده است که این امر نهایتاً آینده جمعیت جهان را با مخاطرات جدی مواجهه خواهد ساخت.

دفع پسابهای مزارع کشاورزی اعم از محصولات گیاهی زراعی و باغی و نیز آبزی پروری که آلوده به انواع کودهای غیر آلی و آلی و نیز سموم بوده و همچنین پسابهای صنعتی و خانگی که انواع آلاینده های شیمیایی و صنعتی خطرناک را با خود به محیطهای خشکی ودریایی اضافه می کنند از معضلات و مشکلات ناشی از بهره برداریهای بی رویه و غیر اصولی از دخائر آبی و خاکی روی کره زمین بوده که نهایتاً آینده حیات نسل بشر را به خطر می اندازد.



تصویر ۲ – تقسیم بندی زمینهای جهان بر اساس دسترسی به منابع آب

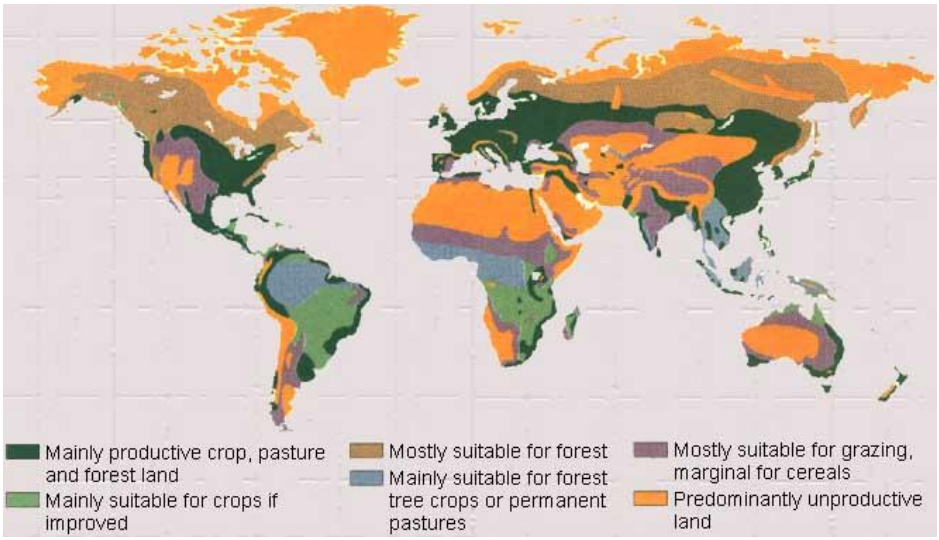
ناگزیری انسان به شیرین نمودن آب شور دریاها و اقیانوسها و نیز منابع زیر زمینی آب شور نیازمند دفع پسابهای با شوریهای و دمای بالای ناشی از دستگاهها ی آب شیرین کن به محیط زیست دریایی و خشکی های همجوار می باشد. افزایش مخاطره آمیز دو عامل شوری و حرارت موجب صدمات زیستی جبران ناپذیری بر روی گونه های موجود در فون و فلور این نواحی شده که به نوبه خود منجر به انقراض گونه های بسیار و ایجاد حالت تهاجمی در برخی از گونه های مقاوم و نامرغوب می شود. طبق تخمین های انجام شده در سال ۲۰۰۵ مشخص شده است روزانه بالغ بر ۲۳ میلیون متر مکعب آب شیرین از طریق دستگاهای آب شیرین کن تامین می شود که عمده این آب تولید شده در کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقاست (Smith ، ۲۰۰۵) . عربستان سعودی مقام نخست آب شیرین استحصالی از

www.SID.ir

Archive of SID

آب دریا در دنیا را داشته و کشور ایران با در بر داشتن یک درصد جمعیت جهان که تنها به ۰/۳۶ درصد از آب شیرین جهان دسترسی دارد در رتبه دهم تولید آب توسط دستگاههای آب شیرین کن قرار دارد.

طبق برآورد های صورت گرفته کل منابع آب تجدیدپذیر و مصرفی کشور ایران به‌ترتیب 130 و94 میلیارد مترمکعب است و ۸۸/۸ میلیارد مترمکعب از این آب مصرفی (۹۴ درصد) مربوط به بخش کشاورزی بوده که حدود ۷۰ درصد آن برداشت شده و حداکثر تا سقف ۸۵ درصد قابل برداشت می باشد. توزیع این ذخائر آبی در کشور نیزاز لحاظ زمانی و مکانی نامتوازن بوده و بیش از ۷۰ درصد آن در مناطق غربی کشور و آنهم در فصولی است که فصل مساعد زراعی نبوده و بهره برداری از این منابع آب را نیز محدود می سازد. طبق بررسی های به عمل آمده رشد سریع جمعیت از مهمترین عوامل کاهش سرانه آب تجدیدشونده کشور در طول 90 سال گذشته بوده است.



شکل ۳ – تقسیم بندی خاکهای روی کره زمین بر اساس باروری زمینها

جمعیت ایران در طول این مدت، حدود ۷/۵برابر شده و از کمتر از 10 میلیون نفر در سال 1300 به 75 میلیون نفر تا پایان سال ۱۳۹۰رسیده است. بر این اساس، میزان سرانه آب تجدیدپذیر سالانه کشور از میزان حدود 13000 مترمکعب در سال 1300 به حدود 1730 مترمکعب در 1390 سال تقلیل یافته است. برای حفظ وضع موجود کشور، تا سال 2025 باید 112 درصد به منابع آب قابل استحصال کشور اضافه شود و با ادامه وضعیت موجود سرانه مصرفی آب هر ایرانی برای سال ۲۰۲۵ (۱۴۰۴) حدود ۱۰۰۰ متر مکعب خواهد بود که در مقایسه با شاخص های بین المللی در محدوده بحرانی قرار دارد. این آمار و ارقام و این واقعیت که کشور ما در منطقه جغرافیایی گرم و خشک جهان واقع شده بیانگر آن است که ناگزیر به بهره برداری وسیع از آبهای دریایی برای تامین نیاز آب شیرین هستیم. طبق گفته معاون سازمان محیط زیست کشور در حال حاضر ۱۹۹ دستگاه آب شیرین کن در منطقه خلیج فارس قرار دارد قرار است ۳۸ آب شیرین کن دیگر نیز به آنها اضافه شده و به ۲۳۷ دستگاه افزایش یابند شوند ظرفیت این دستگاه ها ۵ هزار میلیون متر مکعب آب در سال است که به گفته وی چون در ساخت تاسیسات آب شیرین کن از آلیاژ نیکل و مس استفاده شده است از این رو این عناصر وارد آب وموجب مرگ و میر آبزیان می (

www.SID.ir

Archive of SID

کرباسی ۱۳۹۲). ایجاد این تاسیسات مستلزم صرف هزینه، انرژی و صرف سرمایه گذاریهای متعدد بوده که در صورت عدم مدیریت صحیح در کنترل سیستم ها و دفع پسابهای حاصله میتواند به معضل بزرگی برای مناطق دریایی و نیز مناطق همجوار در محدوده تاسیسات آب شیرین کن تبدیل گردد. روشهای معمول در استحصال آب شیرین از آبهای شور دریایی و دریاچه ها و منابع آب شور زیر زمینی نیز عمدتاً متکی به استفاده از حرارت بوده که شامل چهار روش عمده زیر می باشد.

۱. روش تبخیر ناگهانی چند مرحله ایMSF
۲. روش تبخیر چند مرحله ایMED
۳. روش تقطیر چند مرحله ای چگالش گرمایی بخارMED-TVC
۴. روش اسمز معکوسRO

همه این روشها مستلزم صرف انرژی حرارتی سوختهای فسیلی است که دفع حرارت حاصله نیز علاوه پسابهای شدید شور حاصله خود معضل جدی محسوب می گردد. مطالعات نشان داده است که آلودگی ناشی از تولید ۶۰۰۰ مترمکعب آب که به روش MSF به دست می آید منجر به افزایش دمایی در حدود ۹ درجه سانتیکراد گردیده و آب نمک تلغیظ شده دفعی ناشی از این حجم آب استحصالی حدود ۱۹۸۰ تن در ساعت (۰/۵۵ مترمکعب در ثانیه) است (Hopner و همکاران ، ۲۰۰۸) . تعداد دستگاههای آب شیرین کن جهان تا سال ۲۰۰۵ بالغ بر ۱۷۰۰۰ بوده است که در ۱۲۰ کشور جهان مورد استفاده قرار می گیرند و پیش بینی شده است تا سال ۲۰۱۵ این تعداد ۲ برابر افزایش پیدا کند. در حال حاضر روش اسمز معکوس (RO) با اختصاص حدود ۵۰ درصد آب شیرین تولیدی روش غالب در انجام عملیات آب شیرین کنی است . کشورهای حوزه خلیج فارس که شامل بحرین ، کویت، قطر، عمان، عربستان سعودی و امارات متحده عربی می باشد به تنهایی ۵۳ درصد ظرفیت آب شیرین شده از آبهای شور را به خود اختصاص داده اند که تقریباً همه پسابهای آنها هم به دریا تخلیه می شود. از آنجایی که عملیات شیرین سازی آب دریا منجر به استحصال ۳۰ تا ۵۰ درصد آب شیرین از واحد حجم آب شور می شود عملاً ۵۰ تا ۷۰ درصد آب به صورت شور شده با غلظت نمک بالا (تا ۱/۵ الی ۲ برابر شوری) به صورت پساب دفعی تولید می شود و بر اساس تخمین ها روزانه در سطح جهانی $3/86 \times 10^7$ کیلو کالری حرارت و $4/5 \times 10^{16}$ تن ماده معدنی شامل انواع املاح نمکی از دستگاههای آب شیرین کن وارد آب دریاها می شود(AL-Mutaz ، ۱۹۸۷) که با توجه به افزایش روز افزون نیازهای آبی جهان این روند دفع ضایعات و پسابها روز به روز دامنه گسترده تری پیدا کرده و سلامت محیط زیست دریاها و اقیانوسها و نیز خشکی ها و اتمسفر کره زمین رابه طور جدی به خطر می اندازد.

جهت مدیریت دفع این پسابها و کاهش میزان مصرف انرژی روش های متعددی به کار گرفته شده است و مطالعات و تحقیقات مستمری برای دستیابی به روش هایی برای کاهش درصد ریسک این خطر در حال انجام است. روش های فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیک متعددی برای دفع پسابهای اب شیرین کن ها ارائه شده است که می توان به روش های دفع سطحی ، تزریق به چاهای عمیق ، ایجاد استخر های تبخیر و استفاده در زمین اشاره نمود که هر کدام با وجود کمکی که به کاهش اثرات زیست محیطی این پسابها می کنند ولی هر کدام معایبی نیز دارند که عملاً موجب باقی ماندن بخش اعظمی از مشکلات زیست محیطی شده ضمن انکه انجام این روشها خود مستلزم صرف هزینه بدون هیچ بهره وری هستند . اخیرا روشهای بیولوژیک برای بهره برداری از این پسابها و کاهش دامنه اثرات مخرب زیست

www.SID.ir

Archive of SID

محیطی انها مطرح گردیده است. جلبکها به عنوان موجودات دریا زی که برخی از آنها قادر به تحمل شوریهای بسیار بالا هستند بعنوان راه حلی چشم گیر برای رفع این معضل مطرح شده اند و تحقیقات متعددی در این خصوص در حال انجام می باشد که برخی از این تحقیقات منجر به بهره برداری های کلان اقتصادی از این جلبکها شده است . جلبکها میکروسکوپی متعددی در ابن خصوص مورد مطالعه قرار گرفته اند. ابن موجودات و ارگانسیم ها ریز دریایی دارای مزایایی بسیار نسبت به سایر تولید کنندگان موجود در روی کره زمین هستند نخست اینکه دارای قدرت تکثیر و تولیدی به مراتب بیشتر از دیگر گیاهان بوده و با رشد سریع خود و افزایش دو برابر بیومس در طی چند ساعت تا چند روز قادر به تولید حجم بالایی از ماده غذایی بوده و از طرفی پرورش انها نیاز به مصرف اب شیرین مورد نیاز انسان ندارد و میتوان انها را در حوضچه های کم عمق بر روی خاکهای سفت و سخت و با استفاده از آبهای شور و نمکی کشت داد(Ben-Amotz ، ۲۰۰۳). گونه های متعددی از جلبکهای میکروسکوپیک دریایی را می توان ، با استفاده از اب شور دریا و آبهای به مراتب شورتر پسابهای اب شیرین کنها پرورش داد که رقابتی برای مصرف شیرین و خاک های زراعی معمول نیز ندارند (Chen و همکاران، ۲۰۰۹) . قدرت بالای تولید بیومس این موجودات آنهم بدون نیاز به اب شیرین در زمینهای بایر و غیرزراعی باعث بهره برداری از این موجودات در مقیاسهای بزرگی شده است بدون اینکه رقابتی در جهت نیاز به نهاده های لازم برای کشاورزی های معمول داشته باشد.

استفاده از جلبکهای میکروسکوپی و تولید بیومس آنها فناوری چندان جدیدی نبوده و در منابع و مقالات متعددی به آن پرداخته شده که تاریخچه ی آن به اواخر دهه ۱۸۰۰ و اوایل ۱۹۰۰ بر می گردد (Anderson ، ۲۰۰۵). مصرف میکروالگها توسط انسان دارای تاریخجه ۲۵۰۰ ساله بوده که در کشور چین از جلبک سیانوفیت نوستوک استفاده خوراکی میشده است (Spolaore و همکاران، ۲۰۰۶). جلبکها اعم ازمیکروسکوپی و ماکروسکوپی به لحاظ قدرت فتوسنتزی بالا و نیز توان تولید به طرق متعدد غیر جنسی در زیستگاههای طبیعی و مصنوعی محیط های آبی بخصوص آبهای شور دریاها و اقیانوسها از اهمیت بسزایی برخوردار هستند. این ارگانیسم ها بخصوص انواع میکروسکوپی تامین کننده بخش اعظم اکسیژن موجود در جو(۵۰ درصد) بوده وعملکرد تولید آنها (۱۰-۲ کیلوگرم بر مترمربع در سال) بیش از مراتع و جنگلها (معمولا کمتر از یک کیلوگرم بر مترمربع در سال) است (Broun, 2011). این موجودات به عنوان تولید کنندگان اصلی اکوسیستم عظیم اقیانوسها و دریاها تشکیل دهنده حلقه نخست زنجیره غذایی دریاها و اقیانوسها بوده و در نهایت به صورت محصولات شیلاتی مختلف به چرخه غذایی انسان راه یافته و بسیاری از نیازهای ضروری انسان را تامین می کنند. منشاء بسیاری از اسیدهای چرب ضروری جلبکها هستند که در بدن ماهی ها وموجودات دریایی تجمع یافته و به مصرف انسان می رسند، این گیاهان حاوی بسیاری از ترکیبات غذایی نظیر پروتیین ها و کربوهیدرات ها بوده و انواع فراوانی از متابولیت ها را تولید می کنند که جنبه های دارویی و خوراکی برای ارگانیسم ها دریایی و موجودات روی خشکی ها بخصوص انسان دارند. مکمل های خوراکی جلبکی در سالهای اخیر با بسته بندی های متعدد در بازار کشور های مختلف بسیار معمول گشته است .

جلبک ها دارای کاربردهای مختلفی بخصوص مصارف خوراکی در کشورهای آسیایی بوده و سالانه مقادیر قابل توجهی از جلبک به مصرف خوراک انسانی رسیده و بسیاری از انها نیز برای تولید ترکیبات بیو پلمیری مختلف نظیر اگار-اگار، الژینات و کاراجینان مورد استفاده قرار میگیرند که این ترکیبات کاربرد های گستردهای در بسیاری از صنایع بخصوص صنایع غذایی ، دارویی ، بهداشتی و نیز صنایع نساجی ، کاغذ سازی و چرم سازی و غیره دارند

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد جلبکها بخصوص به عنوان خوراک دام و طیور در بسیاری از مطالعات به اثبات رسیده است در مورد کاربرد انها در تغذیه طیور ثابت شده است که بین ۵ تا ۱۰ درصد از جلبکها با اطمینان قابل استفاده بوده و میتواند جایگزین جیره غذایی طیور گردند (Spolaore و همکاران، ۲۰۰۶). کاربرد جلبکها در تغذیه طیور باعث افزایش میزان زرده (یوک) تخم مرغ شده (Becker ، ۲۰۰۴ ; شریفی و همکاران ۱۳۹۱) و میزان کلسترول سرم خونی انها به مقادیر معنی داری تا حد ۱۱ تا ۲۸ درصد کمتر شده است و در عوض میزان لینولئیک اسید وآراشیدونیک اسید که از اسید های چرب ضروری غیر اشباع هستند بین ۲۴ تا ۲۹ درصد افزایش می بابد . افزایش رنگ زرده در واقع بیانگر افزایش میزان کاروتنوئید زرده بوده که تا حد ۲.۴ برابر افزایش نشان میدهد .

در مورد گونه های جلبکی میکروسکوپی نظیر اسپرولینا که از گروه جلبکهای سبز- آبی است حتی تا سطح ۳۰ درصد نیز به جیره غذایی طیور اضافه شده که نتایج نشان داده است پروتیین و انرژی زایی این جلبک قادر به افزایش پروتیین تا ۱۰ درصد بوده است این افزایش کیفیت موجب رشد بیشتر و میزان مرگ و میر کمتر در مورد بوقلمون هایی میشود که اسپرولینا تا سطح gr/kg ۱۰ در جیره غذایشان افزوده شده است. اسیدهای چرب ضروری جلبکها بخش اعظم امگا ۳ موجود در اسیدهای چرب غیراشباح چند عاملی (Polyunsaturated fatty acid = PUFA) موجود در بازار را تشکیل می دهند بخصوص اسیدهای چرب ضروری نظیر Docasahexaenoic acid (DHA) که یکی از اسیدهای چرب مهم در میان اسیدهای چرب حاوی امگا۳ می باشد و یک عامل اساسی در ساختار عملکرد مغز می باشد که در مراحل رشد کودکان و خردسالان نقش اساسی را بازی می کند.

طبق تخمین ها در سال ۲۰۱۲ بازار جهانی جلبکهای میکروسکوپی که بر پایه DHA به اضافه ۳۰ درصد چربی بوده در حدود ۳۵۰ میلیون دلار بوده است که حجم تولیدی در حدود ۴۶۱۴ تن را شامل می شد. در کل فرمولهای خوراکی خردسالان با پایه میکروجلبک در حدود ۴۸/۹ درصد را تشکیل می داده است در حالیکه مکمل های لبنی در حدود ۲۸/۴ درصد و سایر مواد غذایی و نوشیدنی ها حدود ۱۹/۴ درصد را تشکیل می داده اند.

اثرات متعددی برای کاربرد جلبکها در تامین سلامت انسان گزارش گردیده است که میتوان به تاثیر جلبکها در تنظیم فشار خون و کاهش چربی های مضر خون ، افزایش سیستم ایمنی ، اثرات مفید آنها در بالا بردن زاد و ولد ، افزایش مقاومت بدن در مقابل بیماریها ، عفونتها و سرطانها و ممانعت از سکته های قلبی ، تصلب شرائین، عفونتهای کلیوی، التهابات داخلی و خارجی ، محافظت از اشعه های مضر خورشیدی و کاهش عوارض غده ای و .... اشاره نمود. مصرف جلبکها به عنوان منابع کودهای زیستی و بیولوژیک و نیز خوراکهای دامی منجر به ایجاد کمپانی های بزرگ تهیه کود و خوراک دام و طیور از جلبکها شده و محصولات تجاری مختلف از جلبکها با بهای بالایی در بازارهای جهانی به فروش رفته و به لحاظ اثرات مفید و مطلوبی که بر روی دام و طیور و محصولات باغی و زراعی مختلف دارند مورد استقبال وسیع قرار گرفته اند و کاربرد آنها از میزان مصرف کودها و سموم شیمیایی کاسته و موجب تولید محصولات ارگانیک می گردد.

کشت جلبکها بخصوص انواع میکروسکوپی آنها در سالهای اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است بخصوص برای تولید کود و مکمل های خوراکی انسان و دام و طیور، تولید سوخت های زیستی و نیز جهت کاهش اثرات مخرب زیست محیطی فاضلابهای خانگی و پسابهای کشاورزی و آبزی پروری و نیز پسابهای آب شیرین کن مطرح می باشند. از آنجایی که شیرین سازی آب دریا در حال تبدیل شدن به یک صنعت گسترده در بسیاری از کشورها میشود، این امر

www.SID.ir

Archive of SID

موجب اثرات منفی بسیاری بر روی اکوسیستم های همجوار آب شیرین کن ها می گردد. مقابله با این اثرات منفی نیازمند مدیریت و برنامه ریزی دقیق بر مبنای مطالعات دقیق می باشد . کشت میکروالگها به عنوان یک راه حل طبیعت دوستانه برای کاهش اثرات زیست محیطی پسابهای آب شیرین کن و نیز پسابهای کشاورزی و آبزی پروری در سالهای اخیر مطرح گردیده است. تولید بالا و سهولت در کاشت و نگهداری سیستم های کاشت از مزایای مهم میکرو الگها محسوب می گردد (Browitzkia ، ۱۹۹۲) . کلرلا و اسپیرولینا برای مصارف خوراکی سالم و نیز هماتوکوکوس برای تولید ترکیبات ارزشمندی نظیر آستاگزانتین و برخی گونه های دیگر نظیر انواع دونالیلا و سندسموس به این منظور مورد استفاده قرار می گیرند (Meng و همکاران، ۲۰۰۹). گونه ها ی دونالیلا به خصوص گونه D. salina از گونه های با پتانسیل و ارزش تجاری بالا از شاخه جلبکهای سبز تک سلولی است که گونه بی نظیری در تحمل و سازش با شوریهای بالا و قادر به تولید ماده کاروتن می باشد. این گونه در آبهای نمکی شور و نمکزارها و محیط های با شوریهای بسیار بالا قادر به رشد می باشد (Ben-Amotz و همکاران ، ۲۰۰۹) . این گونه به عنوان یک گونه موفق در تولید ترکیبات بیولوژیک ارزشمند نظیر گلیسرول و بتا کاروتن مورد تایید قرار گرفته (Hadi و همکاران، ۲۰۰۸ ; Borowitzka ، ۱۹۹۵) که بتاکاروتن حاصله از این گونه کاربرد وسیعی در بسیاری از مواد غذایی ، محصولات دارویی و بهداشتی دارد (Cantrell و همکاران، ۲۰۰۳) .کشت انبوه گونه D. salina برای محصولات تجاری در سالهای اخیر در کشورهایی نظیر استرالیا ، ایالات متحده و چین معمول گردیده است (Spolaore و همکاران ، ۲۰۰۶) . استفاده از پسابها و فاضلابها برای کاشت این گونه موجب کاهش هزینه های تولید در تامین نوترینت ها برای رشد این گونه می گردد که استفاده از این پسابها برای کشت میکروالگها یک روش نوین در تولید آنهاست (Chen و همکاران ، ۲۰۰۹). نیاز به محتوی نمک بالا و دمای بالا برای افزایش کمیت و کیفیت محصول گونه D. salina آنرا گونه ای ممتاز برای پرورش در پساب آب شیرین کنها و زمینهای بسیار شور برای تولید بیومس و بتاکاروتن نموده است (Lamela و همکاران، ۲۰۱۰; Richmond ، ۲۰۰۳). استفاده توام از پسابهای آب شیرین کن و نیز فاضلابهای خانگی و زراعی نسبتاً بازیافت شده به عنوان منابع تامین مواد غذایی موجب تولید با صرفه اقتصادی بیشتر این گونه و گونه های مشابه می گردد که محصول حاصله میتواند برای تامین بیودیزل، بیواتانول و بیوگاز مورد استفاده قرار گیرد. کاربرد فاضلابهای ناشی از مصرف آب شیرین به صورت توام با پسابهای شور آب شیرین کنها ضمن تامین نوترینت ها برای رشد و تولید انبوه میکروجلبک میتواند در رقیق سازی و کاهش شوری پساب آب شیرین کنها و دفع امن آنها به دریا موثر باشد که از جنبه های مختلف نظیر کاهش آلودگی نوترینت ها و شوری بالا و نیز کاهش پدیده های اوتریفیکاسیون و گازهای گلخانه حائز اهمیت فراوان می باشد.

روش کار

روشهای استفاده از میکروجلبکها جهت کاهش خطرات زیست محیطی آب شیرین کنها

بسته به هدف و محصول تولیدی مورد نظر گونه های متعددی را میتوان برای کشت در پسابهای مورد نظر انتخاب نمود که این انتخاب نیازمند آگاهی و شناخت از ویژگیها و خصوصیات گونه های مزبور و نیز شرایط محیطی موثر در تولید محصول مورد نظر دارد. مطالعات متعددی بر روی گونه های مختلف صورت گرفته است به عنوان مثال در یک مطالعه در مصر که بر روی گونه Scendesmus از جلبکهای تک سلولی سبز در آب شور با غلظت نمک ۴۰۰۰۰ تا

www.SID.ir

Archive of SID

۸۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر صورت گرفته است (EL-Sergany و همکاران ۲۰۱۴) مشخص شده که این جلبک قادر به کاهش کل مواد محلول (TDS) از ۸۰۰۰۰ به حدود ۲۸۰۰۰ و از ۴۰۰۰۰ به ۶۶۰۰ در طی ۷ روز بوده است (جدول ۱). در حقیقت میزان کاهش املاح موجود در آب در طی ۳ روز حدود ۳۸ درصد کاهش یافته و به حد شوری می رسد که به نحو قابل اطمینانی قابل دفع به دریا می باشد .

جدول ۱- اندازه گیری میزان کاهش املاح محلول توسط جلبک سندسموس در غلظت های مختلف شوری (EL-Sergany و همکاران ۲۰۱۴).

Run	Date	TDS mg/l		
		Left Basin	Middle Basin	Right Basin
Run 1	1/8/13	80000	75000	70000
	2/8/13	68100	63800	59520
	3/8/13	57790	54250	50580
	4/8/13	49300	46060	42990
	5/8/13	41000	39200	36550
	6/8/13	34500	31370	28100
	7/8/13	28170	25450	22500
Run 2	11/8/13	65000	60000	55000
	12/8/13	55250	51100	46900
	13/8/13	46980	43390	39840
	14/8/13	39990	36900	33880
	15/8/13	32980	30400	27800
	16/8/13	25900	23700	20600
	17/8/13	19540	16660	13900
Run 3	21/8/13	50000	45000	40000
	22/8/13	42600	38500	33010
	23/8/13	36400	32700	27970
	24/8/13	29000	25800	21220
	25/8/13	22280	17700	12740
	26/8/13	16300	12100	7620
	27/8/13	10050	8320	6630

در مطالعه دیگری که بر روی این گونه صورت گرفته در طی سه مرحله کاهشی، آب پس از برداشت هر مرحله کشت برای کشت مرحله بعد استفاده شده که این امر موجب صرفه جویی در مصرف و در عین حال کاهش میزان عناصر غذایی در کشت بعدی میشد. هرچه میزان شوری در هر مرحله کاشت بیشتر می شد نسبت کلروفیل به کاروتن کاهش می یافت (جدول۲) که بیانگر تاثیر عامل شوری در افزایش میزان کاروتن است (EL Sayed و همکاران، ۲۰۱۰) این دستیافت هم چنین نشان داده است که این جلبک در مواجهه با کاهش ماده غذایی ونیز افزایش شوری با کاهش میزان نشاسته و تولید ترکیبات روغنی بیشتر، جذب عناصر معدنی و املاح را به داخل سلول افزایش می دهد که همین امر موجب کاهش املاح درون آب می شود (تصویر ۴).

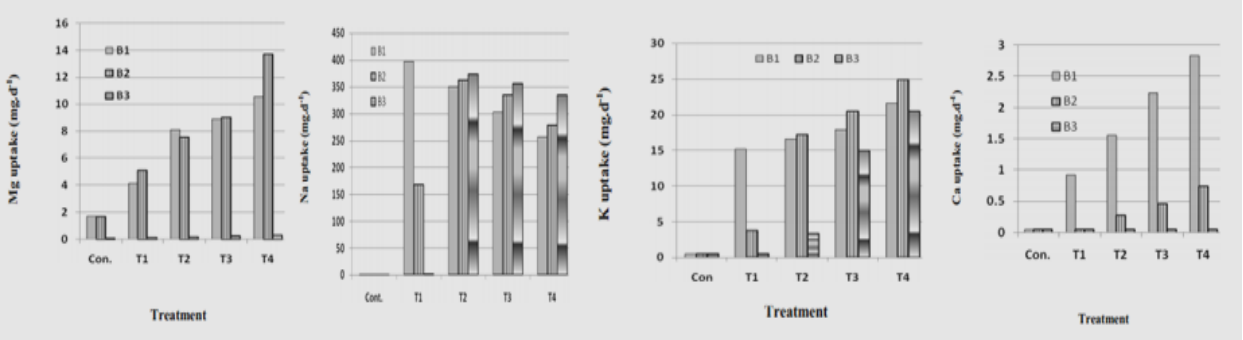
گونه های دیکری از گروه جلبکهای سبز تک سلولی نظیر Chlorella vulgaris ، انواع اسپیرولینا از گروه جلبکهای سبز-آبی به ویژه Spirulina platensis (Arthrospira platensis) از گونه های مشهوری هستند که قادر به تحمل شوریهای بالا بوده و با افزایش میزان شوری حتی تا ۳ برابر شوری دریاها کیفیت محصول آنها افزایش می یابد. در یک مطالعه توسط Hussein و همکاران (۲۰۱۴) دو گونه Dunaliella salina و Spirulina platensis درمخلوطی از پساب آب شیرین کن و شیره فاضلابهای خانگی کشت داده شدند و نرخ رشدی معادل انواع رشد کرده در شوریهای معمولی را نشان دادند.

جدول ۲ – تاثیر شوریهای مختلف در تغییر نسبت کلروفیل به کاروتن در جلبک سندسموس در طی سه مرحله کاهشی میزان مواد غذایی (EL Sayed و همکاران، ۲۰۱۰)

Treatments	control	25%	50%	75%	100%
	chlorophyll-carotenoids ratio				
Batch1	6.8	6.0	3.5	1.6	0.8
Batch2	6.8	6.7	4.5	2.7	1.9
Batch3	6.8	7.6	5.3	4.7	4.5

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴ – تاثیر شوری در افزایش جذب املاح معدنی توسط جلبک سندسموس در طی سه مرحله کاهشی میزان مواد غذایی
(شوری cont = ۰٪ ، T1= ۲۵٪ ، T2 = ۵۰ ٪ ، T3 = ۷۵ ٪ و T4= ۱۰۰٪)

در این مطالعه اثر شوری زدایی این گونه ها با غشای الکترودیالیز به کار رفته در سیستم آب شیرین کن الکترودیالیز معکوس (EDR) مقایسه گردیدند و نتایج نهایی نشان داد که الکتروکانداکتیویتی (EC) آب حاوی دونالیلا سالینا کمتر از نمونه آب نمک زدایی شده توسط غشای الکترودیالیزی بوده و برای آب شرب دامهایی نظیر گوسفند مناسب بوده است. گونه دونالیلا سالینا از گونه های بسیار مقاوم و قادر به تحمل شوریهای بالا حتی بر روی خاکهای مرطوبی پوشیده از لایه نمک می باشد. هرچه شرایط شوری بیشتر شود میزان بتا- کاروتن و گلیسرول آن افزایش بیشتری می یابد (Hadi و همکاران ، ۲۰۰۸). مطالعات بسیاری نشان داده است که این گونه از لحاظ تجاری بسیار ارزشمند بوده و بهترین منبع زیستی برای استحصال بتا- کاروتن است که دارای کاربرد گسترده ای در صنایع داروسازی و صنایع غذایی است (Browitzkia ، ۱۹۹۵ و Cantterel و همکاران ، 2003). این روش استفاده تلفیقی از شیره فاضلابهای خانگی با غلظت ۶٪ همراه با پسابهای آب شیرین کن در عربستان مورد استفاده قرار می گیرد و حتی میتواند تا ۶۰٪ نیز افزایش یابد که جنبه پالاینگی نوترینت ها را نیز انجام می دهد (NWC ، ۲۰۱۲). این ویژگی باعث شده است برخی از پروژه های تولید دونالیلا سالینا در نزدیکی مراکز تولید نمک و آبهای شور تاسیس گردند. با توسعه تکنیک های مختلف کشت بیوتکنولوژی جلبکهای میکروسکوپی آماده درخواست فراوان و گسترده برای صنایع دارویی و غذایی است .

بنابراین انتخاب گونه مناسب که ضمن کمک به کاهش میزان شوری و کاهش اثرات الاینده آنها منجر به تولید محصولات ارزشمند نیز شود از پایه های اساسی در بهره برداری چند منظوره است که موجب تبدیل تهدید زیست محیطی پسابهای آب شیرین کن به فرصت های اقتصادی بزرگ می شود. انتخاب گونه مرغوب و مکان مناسب برای کشت و نیز احداث زیر ساخت مناسب با توجه به نیازهای اکولوژیک گونه نظیر عمق مناسب استخرها و میزان و زمان رقیق سازی و نیز زمان و نحوه برداشت محصول از نکته های کلیدی در حصول موفقیت در این تکنولوژی زیستی برای مقابله با مشکلات و معضلات زیست محیطی پیش روست که ناگزیر از مواجهه با آن در افقی نه چندان دور خواهیم

www.SID.ir

Archive of SID

بود. در کشورهای توسعه یافته تاسیسات گسترده ای به پرورش و تولید محصولات ارزشمند کاروتن و استاگزانتین از گونه های مختلف جلبکهای میکروسکوپی اختصاص داده شده است که این تاسیسات مناظر زیبایی را حتی در تصاویر ماهواره ای ایجاد نموده است (تصویر ۵).

شکل ۵ – استخرها و حوضچه های وسیع کشت جلبکهای میکروسکوپی با استفاده از آبهای بسیار شور در کشورهای مختلف

تحقیقات انجام شده در ایران

گونه های متعددی از این جلبکهای میکروسکوپی در آبهای دریایی و آبهای شور و لب شور داخلی کشور وجود دارند که با انجام مطالعه در جنبه های مختلف آنها میتوان از این پتانسیل ها بهره برداری نمود. بر اساس مطالعات مولکولی صورت گرفته بر روی گونه های دریاچه ارومیه تعداد چهار گونه شامل گونه های Dunaliella bardowii ، D. parva ، D. salina و D. tertiolecta شناسایی گردیده و تاثیر شوریهای مختلف بر روی آنها نیز بررسی شده است (قربانی و همکاران ، ۱۳۹۲). همچنین بر اساس مطالعات مولکولی دیگری گونه Dunaliella viridis از دریاچه مهارلو شناسایی شده و تاثیر شوریهای مختلف بر روی آن نشان داد که این گونه در ۱/۵ تا ۲ مول NaCl رشد حداکثر را نشان داده و تا سطح ۲۰۰ میکرومول غلظت مس را نیز به خوبی تحمل می کند (Kharati-Koupaei و همکاران ، ۲۰۱۲) Rad و همکاران (۲۰۱۱) نیز تاثیر شوریهای مختلف بر روی محتوای کاروتن گونه ای از دونالیلا را بررسی نموده اند. گونه های دونالیلا قادر به تحمل شوریهای بالای ۳ مول در لیتر نیز می باشند یعنی

www.SID.ir

Archive of SID

شوری بالای ppt ۱۵۰ را نیز به خوبی تحمل می کنند.. طی تحقیقی بر روی گونه D. salina ایزوله شده از دریاچه ارومیه میزان تولید بتا کاروتن در نمونه های قرار گرفته در شوری با غلظت ۳ مولار نمک (۹۳ ٪) برابر انواع رشد داده شده در غلظت ۱/۵ مولار(۳۲٪) بوده است (Tafreshi و همکاران، ۲۰۰۶) . طی یک مطالعه بر روی گونه های جنس دونالیلا در سواحل قشم نیز چهار گونه شامل Dunaliella maritima ، D. minutisima، D. quartolecta و D. viridis بر اساس مطالعات ریخت شناسی و رفتار آنها در محیط های کشت با شوری های مختلف شناسایی گردیده اند(حسینی و همکاران ۱۳۹۲). گونه D. tetriolecta از مرداب گاوخونی نیز گزارش گردیده است (Hosseinzadeh Gharajeh و همکاران ، ۲۰۱۲) . تاثیر شوریهای مختلف بر روی خواص اکسیداتیو گونه D. tetriolecta در دریاچه مهارلو نیز مورد مطالعه قرار گرفته است (Nikookar و همکاران ، ۲۰۰۴). مطالعاتی نیز بر روی گونه های اسپیرولینا در ایران انجام گرفته است . گونه Spirulina platensis که از اندونزی نمونه آن وارد شده است توسط قائنی و همکاران (۱۳۹۱) مورد بررسی قرار گرفته و تولید آن در حجم ۱۰۰ لیتری نیز نشان داده است که قدرت تولید خوبی در دمای زیر ۳۵ درجه دارد. مشالعه ای در مورد میزان ترکیبات بیوشیمیایی نظیر کلروفیل ، بتا-کاروتن ، لیکوپن، زیاگزانتین، آستگزانتین و لوتئین نیز در مورد گونه Spirulina platensis نیز در ایران صورت گرفته و مشخص شده گونه مناسبی برای تولید بتا-کاروتن می باشد (Ghanei و همکاران ،۲۰۱۴).
در طی مطالعه انجام شده بر روی آب گرم گنو در استان هرمزگان از تعداد ۷۲ گونه لیست شده ۴ گونه آن متعلق به جنس اسپیرولینا بوده است که شامل گونه های Spirulina major، Spirulina meneghiniana ، Spirulina subtilissima، Spirulina tenerrima بوده که قادر به تحمل شوریهای تا ۳۲ درصد و دمای تا ۵۰ درجه می باشند(Arman و همکاران، ۲۰۱۴ ; آرمان و همکاران ۱۳۹۲). گونه Spirulina subsolsa از آبهای دریایی سواحل استان هرمزگان نیز گزارش گردیده (Sohrabipour و Rabiei ، ۱۹۹۹) همجنین وجود این گونه در چشمه آبگرم گنو در استان هرمزگان توسط Moghadam (۱۹۷۴) و نیز توسط Heidari و همکاران (۲۰۱۳) بر اساس مطالعات مولکولی بر روی مارکر مولکولی 18sRNA نیز تایید گردیده است.

بحث و نتیجه گیری

با وجود این مطالعات قابل توجهی که بر روی این میکروارگانیسم ها در کشور صورت گرفته و حضور گونه های ارزشمندی را در کشور به اثبات رسانیده و نیز اثرات مثبت شوریهای بالا بر روی انواع گونه های جلبکهای میکروسکوپی کشور که گاهاً دریاچه شور کشور را پوشش کامل می دهند متاسفانه برنامه منسجم و مدونی برای مطالعه و تحقیق جامع بر روی این پتانسیل های زیستی وجود نداشته و هیچ ارزیابی در خصوص کاربرد آنها در یک مقیاس صنعتی و یا نیمه صنعتی در زمینه تولید انبوه آنها با استفاده از آبهای شور دریایی یا پساب آب شیرین کنهای موجود در کشور صورت نگرفته است و این در حالیست که منابع عظیم آبهای دریایی در شمال و جنوب کشور و نیز منابع بسیار دریاچه ها و رودخانه های شور در کشور وجود داشته که علارغم شوری و با ظاهر غیر قابل استفاده بودن میتوانند فرصت

www.SID.ir

Archive of SID

ارزشمندی برای بهره برداری اقتصادی در حد گسترده ای به وسعت تمامی مناطق ساحلی جنوب کشورو نیز نواحی همجوار آبهای شور داخل کشور باشند.

منابع

- آرمان ، میترا ، ریاحی حسین و سنبلی ، علی (۱۳۹۲) شناسایی جلبکهای سبز-آبی برخی از چشمههای آب گرم استان هرمزگان . مجله بوم شناسی آبزیان ، جلد ۳: ۴۶-۳۷.

- پاییزی ، مرضیه و شریعتی، منصور (۱۳۹۰). بررسی اثر تنش شوری بر عملکرد فتوسیستم II در جلبک Dunaliella Salina با استفاده از کینیتیک فلورسنس کلروفیل a. مجله سلول و بافت، ۲ (۴) :۴۰۵ - ۳۹۵

- قاسمی کلاچای، مریم السادات و شریعتی، منصور(۱۳۹۱). بررسی اثر تنش شوری تحت دو شرایط تاریکی و نوری بر عملکرد PSII جلبک Dunaliella bardawii . مجله سلول و بافت، ۳ (۲): ۱۵۱-۱۴۱.

- قانئی ، منصوره . متین فر ، عباس. ، سلطانی ، مهدی، ربانی ، محمد (۱۳۹۱). کشت آزمایشگاهی Arthrospira platensisدر ایران. مجله بیولوژی دریا ، ۵۲-۳۸

- قربانی، سمیه، مناف فر، رامین، طاعی ، افسانه و ملک زاده ، رضا. (۱۳۹۲). بررسی تنوع مولکولی گونه های جلبکِ Dunalliella در تعدادی از ایستگاههای دریاچه ارومیه. مجله زیست شناسی گیاهی ایران . شماره ۱۷ : ۹۸ - ۸۹.

- کرباسی ، عبدالرضا(۱۳۹۲). پساب آب شیرین کن ها تا ۲۰ درصد شوری دریاها را افزایش می دهد. خبرگزاری جمهوری اسلمی ایران . کد خبر | (3236626) 80606134 :تاریخ خبر20/01/1392

-Andersen, R. A. (2005) Algal Culturing Techniques, San Diego: Elsevier Inc.

-Afsharzadeh, S., Nejadsatari, T., Rahiminejad, M.R. & Ebrahimnejad, M. (2003). Study of algal flora in Zayanderood river. Iranian Journal of Biology 14: 32-45.

-Asal Pishe, Z., Heydari, R. and Manaffar, R. (2012) Charachterization of two unicellular algae species Scenedesmus obliquus and Desmdemus cuneatus from Mahabad dam lake, west Azarbyjan. Journal of Plant Biology 4(11): 61-72 (in Persian).

-Ben-Amotz, A. (2003) Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products - major industrial species. In Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology, Oxford: Blackwell Publishing.

-Ben-Amotz, A., Polle, J. E.W. and Subba Rao, D.V. (2009). The Alga Dunaliella Biodiversity, Physiology, Genomics and Biotechnology, New Hampshire: Science Publisher.

-Braune, W, (2011). Seaweeds a colour guide to common benthic green, brown and red algae of the world's oceans, P:25.

www.SID.ir

Archive of SID

-Borowitzka, M.A. (1995). Microalgae as a source of pharmaceuticals and other biologically active compounds, J. App. Phycol ., vol. 7: 3–15.

-Borowitzka, M. A. (1992). Algal biotechnology products and processes-matching science and economics, J. Appl. Phycol., vol. 4:267–279.

-Cantrell, A., McGarvey, D. J., Trustcott, G., Rancan, F., and Bohm, F. (2003) Singlet oxygen quenching by dietary carotenoids in a model membrane environment, Arch. Bioc. Biophy., vol. 412: 47–54.

-Chen, P., M. Min, Y. Chen, L. Wang, Y. Li, Q. Chen, C. et al.. (2009) Review of biological and engineering aspects of algae to fueapproach, Int. J. Agri. Biol. Eng, vol. 2(4):1-30.

-El Sayed, A. B., and Abdel- Maguid, A.A.(2010). Immoblized – microalgae Scendesmus sp. for biological desalination of red sea water: II . effect on macronutrient removal. Journal of American Science, 6(9):637-643.

-El Sergany, F. A.R., El Fadly, M. and El Nadi< M. H. (2014). Brine Desalination by using algae pond under nature condition. American Journal of Environment Engineering, 4(4):75-79.

-Emtiazjoo, Mo. Moghadasi, Z. Rabbani, M. , Emtyazjoo, Ma., Samadi, S. and Mossafa , N. (2012). Anticancer effect of Dunaliella salina under stress and normal condition against skin carcinoma cell line A431 in vitro. Iranian journal of Fisheries sciences, 11(2):283-293.

-Fazeli, M. R., Tofighi, H., Samadi, N. and Jamalifar, H. (2006) Effects of salinity on β-carotene production by Dunaliella tertiolecta DCCBC26 isolated from the Urmia salt lake, north of Iran. Bioresource Technology , 97(18): 2453-2456.

-Ghanei, M., Roomiani, L. and Moradi, Y. (2014). Evaluation of carotenoid and chlorophyll as natural resources for food in Spirulina microalgae. Applied Food Biotechnology 1(2):39-44.

-Hadi, M. R., Shariati M. and Afsharzadeh S. (2008) Microalgal biotechnology: carotenoid and glycerol production by Dunaliella sp. algae isolated from the Gave Khooni salt marsh, Iran. Biotechnology and Bioprocess Engineering, 13(5): 540-544.

- Heidari,F. , Riahi, H. Yousefzadi, M. & Shariatmadari, Z. (2013). Morphological and phylogenetic diversity of cyanobacteria in four hot springs of Iran. Iran. J. Bot. 19 (2): 162-172

-Hejazi, M. A., Barzegari, A., Hosseinzadeh, G. N. and Hejazi, M. S. (2010) Introduction of a novel 18SrDNA gene arrangement along with distinct ITS region in the saline water microalga Dunaliella. Saline Systems , 6: 4.

-Hosseini, B. B. M., Hadi, M. R. , Afsharzadeh, S. and Ghaderi, F. (2013). Identification of four species of green algae Dunaliella isolated from coastal waters in Qeshm Island- Iran, Journal of Aquatic Animals and Fisheries . 4(13).

-Hosseini, T. A. and Shariati, M. (2006) Pilot culture of three strains of Dunaliella salina for β-carotene production in open ponds in the central region of Iran. World Journal of Microbiology and Biotechnology 22: 1003-1006.

www.SID.ir

Archive of SID

-Hosseini,T. A and Shariati, M. (2009).Dunaliella biotechnology: methods and applications. Journal of Applied Microbiology, 107(1):14- 35.

-Hosseinzadeh Gharange, N. , Hejazi, M. A. , Nazeri, S. and Barzegari, A.(2012). Characterization of an indigenous isolate, Dunaliella tetriolecta ABRIINW-G3 from Ghavkhooni salt marsh in Iran based on molecular and some morpho-physiological attributes. J. Agr. Sci. Techn. 14: 1579-1590.

-Hussein, W. , Myint, M. T. and Ghassemi, A. (2014). Energy usage and carbon dioxide emission saving in desalination by using desalination concentrate and wastes in microalgae production. Desalination and Water Treatment. DOI:10.1080 /19443994. 2014.884476

-Kharati-kouhpaei, M. T Zamani, H. and Moradshahi, A. (2012). Molecular identification of Dunaliella viridis Teod. Strain MVS-1 utilizing rDNA ITS sequences and its growth response to salinity and copper toxicity. Molecular Biology Research Communications, 1:8-15.

-Lamela N., García, J.A ., Hernández, P. and Prats, D . (2010) Experimental culture of Dunaliella salina in brine, Iberian Symposium of Marine Biology Research, Alicante, Spain.

-Meng, X., Yang, J ., Xu, X ., Zhang, L., Nie, Q and Xian, M. (2009). Biodieseproduction from oleaginous microorganisms. Renewable Energy., vol. 34:1-5.

-Nikookar, K., Moradshahi, H. and Kharati, M. (2004) Influence of salinity on the growth pigmentation and ascorbate peroxidase activity of Dunaliella salina isolated from Maharlu salt Lake in Shiraz. Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A: Science 28(A1): 117-125.

-National Water Company (NWC), Access data, October 5, 2010, from: http://www.nwc.com.sa

-Rad, F. A., Aksoz, N. and Hejazi, M. A. (2011) Effect of salinity on cell growth and β-carotene production in Dunaliella sp. isolates from Urmia Lake in northwest of Iran. African Journal of Biotechnology, 10(12): 2282-2289.

-Shariati, M. and Hadi, M. R. (2000) Isolation, purification and identification of three unicellular green alga species of D. salina, D. parva and D. pseudosalina from salt marsh of Gave Khooni of Isfahan. Iranian Journal of Biology , 9(1-4): 45-54.

-Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E. and Arsène, I. (2006) Commercial applications of microalgae, J. Biosci. Bioeng., 101 (2): 87–96.

-Zamani H, Moradshahi A, Karbalaei-Heidari HR. Characterization of a new Dunaliella salinastrain MSI-1 based on nuclear rDNA ITS sequences and its physiological response to changes in composition of growth media. Hydrobilogia , 658: 67-75.

www.SID.ir