

مقایسه پتانسیل تولید اتانول از بیوماس لیگنوسلولزی گونه‌های هالوفیت در مناطق بیابانی (مطالعه موردی: *Suaeda* و *Atriplex leucoclada* (*vermiculata*)

احسان زندی اصفهان^{۱*}، علی اشرف جعفری^۲ و علی محبی^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۷

تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۴

چکیده

ذخایر نفت جهان به سرعت در حال مصرف شدن است و پیش‌بینی می‌شود که تا اواسط این قرن پایان پذیرد. همین امر سبب شده است تا منابع جدیدی برای تولید سوخت مکمل اتانول معرفی شود. با این حال، تأمین اتانول از منابعی که برای تولید غذا استفاده می‌شوند، می‌تواند باعث کمبود مواد غذایی و تهدید امنیت غذایی گردد؛ بنابراین بهره‌برداری از اراضی شور در مناطق خشک و بیابانی برای تولید بیوماس لیگنوسلولزی که ارزش غذایی ندارد و می‌تواند به اتانول تبدیل شود و در عین حال تأثیری بر تولید غذای انسان ندارد، ضروری است. هالوفیت‌ها که بیوماس زیادی را با استفاده از منابع شور مانند آب و خاک شور تولید می‌کنند، می‌توانند به‌عنوان یک جایگزین مهم در این مناطق محسوب شوند. در این تحقیق، دو گونه هالوفیت *Atriplex leucoclada* و *Suaeda vermiculata* از اراضی شور استان‌های فارس، هرمزگان، خوزستان و سمنان جمع‌آوری و ترکیبات لیگنوسلولزی آن‌ها بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که گونه *Atriplex leucoclada* پتانسیل یک محصول بیواتانولی را داراست. این گونه چندساله مقاوم به شوری است و با نرخ رشد بالایی که دارد، بیوماس لیگنوسلولزی قابل توجهی (۲۵-۲۹٪ سلولز، ۲۲-۲۵٪ همی سلولز و کمتر از ۸٪ لیگنین) برای تولید اتانول در مقایسه با *Suaeda vermiculata* دارد.

کلمات کلیدی: بیواتانول، سلولز، لیگنین، شوری، سازگار با محیط زیست.

۱. استادیار پژوهش، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

تهران، ایران. Email: zandiesfahan@gmail.com

۲. استادیار پژوهش، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳. استادیار پژوهش، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مقدمه

منابع انرژی فسیلی (نفت، گاز و زغال سنگ) سوخت اصلی اقتصادهای صنعتی و جوامع مصرف کننده به شمار می روند، ولی تبعات منفی انتشار گازهای گلخانه‌ای در محیط را نیز به دنبال دارند. به علاوه، این منابع پایدار نبوده و به سرعت رو به اتمام اند. نفت که حدود ۴۴ درصد از نیاز انرژی را تأمین می کند (شائو^۱ و همکاران، ۲۰۱۰) همراه با گاز و با توجه به نرخ مصرف کنونی شان بیش از ۳۵ سال دوام نخواهند آورد و به نظر می رسد زغال سنگ تنها منبع در دسترس انرژی برای قرن آتی (شفیعی و توپال^۲، ۲۰۰۹). اگرچه این برآوردها می تواند خیلی دقیق نباشد، زنگ‌های خطر را برای انجام اقدامات عاجل در این زمینه به صدا درمی آورد. به بیان دیگر، دوران شکوفایی نفت و سوخت‌های فسیلی در حال اتمام است. البته این بدین معنی نیست که تا زمانی که آخرین قطرات نفت خام کره زمین استخراج نشده است، تمدن بشری قرن بیست و یکم میلادی از این ذخیره طبیعی که طی میلیون‌ها سال تشکیل شده است، دست برخواهد داشت. منظور از پایان دوران شکوفایی نفت و سوخت‌های فسیلی این است که هر روز از سهم این منبع تمام نشدنی در تأمین انرژی مورد نیاز بشر کاسته شده و در مقابل انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله سوخت‌های زیستی جایگزین آن می گردند. از طرف دیگر، افزایش قیمت غذا در جهانی که رشد جمعیت آن ادامه دارد، پیامدهای منفی زیادی را به ویژه برای افراد فقیر به دنبال خواهد داشت. به هر حال، منابع دیگری به غیر از محصولات غذایی وجود دارند که پتانسیل تبدیل به اتانول را دارند. برای مثال، در اکثر گراس‌ها و سایر گونه‌ها سلول‌هایی که دارای دیواره‌های سلول ثانویه هستند، پوسته‌ای از بافت محافظ را تشکیل می دهند که قسمت اعظم آن از لیگنین، همی سلولز و سلولز در بیوماس است. در این بین، لیگنین به دلیل وابستگی به اسیدهای فنولیک (Ferulic و p-coumaric) به راحتی تجزیه زیستی نمی شود و آزاد شدن قندها برای تخمیر بعدی اتانول را

به تأخیر می اندازد (آندرسن^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). این موضوع سبب شده تا تحقیقاتی درباره به حداقل رساندن مقدار لیگنین از طریق اصلاح ژنتیکی صورت پذیرد (چانگ^۴، ۲۰۰۷)، با این حال انتخاب گیاهانی که خارج از چرخه غذایی انسان و دام هستند و مقدار لیگنین آن‌ها کم است، راه حل آسان تر و مطلوب تری است. هالوفیت‌ها در مرداب‌های ساحلی پراکنش دارند و بیابان‌ها به عنوان یکی از منابع غنی از نظر بیوماس لیگنوسلولزی محسوب می شوند (فلاورز و کولمر^۵، ۲۰۰۸). اگر گونه‌های انتخابی دائمی باشند، برای مدت طولانی تاج پوشش دارند و نقش مهمی از نظر صرفه جویی در هزینه‌های کاشت گیاهان یک ساله ایفا می کنند (گومز^۶ و همکاران، ۲۰۰۸). از این رو، گراس‌ها و درختان دائمی گزینه مناسب تری برای این هدف هستند (اولرگ^۷ و همکاران، ۲۰۰۹).

سوخت‌های زیستی توجه علمی و عمومی زیادی را به خود جلب کرده اند. این در حالی است که ایران جزو معدود کشورهایی است که در سبب سوختی خود، تعریفی برای سوخت‌های زیستی ندارد و به جز چند طرح تحقیقاتی، هنوز گام‌های عملی و مؤثری در این راستا برداشته نشده است. البته این بدان معنا نیست که برنامه‌ای برای تولید سوخت‌های زیستی در ایران وجود ندارد، اما حرکت به سمت تولید این سوخت‌ها در کشور به قدری کند پیش می رود که معلوم نیست از چه زمانی قرار است به جرگه تولیدکنندگان این سوخت‌ها بپیوندیم. حتی در این زمینه کشورهای جهان سوم هم گوی سبقت را از ما ربوده‌اند و کشورهایی نظیر چین، هند، تایلند، فیلیپین و حتی کشورهای تولیدکننده نفت مانند نیجریه، ونزوئلا و مکزیک هم برنامه‌هایی را برای تولید سوخت‌های زیستی دنبال می کنند. براساس آمارها در سال ۲۰۰۹ میلادی، در مجموع بیش از ۹۰ میلیارد لیتر بیواتانول در جهان تولید شده است. این میزان در ایران کمتر از ۹۰ میلیون لیتر بوده و

3. Anderson
4. Chang
5. Flowers & Colmer
6. Gomez
7. Ohlrogge
8. MTBE

1. Shao
2. Shafiee & Topal

دوم (از مواد سلولزی) را در این مناطق به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد. این گزارش نشان می‌دهد که ۸ منطقه مورد مطالعه، یعنی اتحادیه اروپا، ایالات متحد آمریکا، چین، برزیل، استرالیا، هندوستان، آرژانتین و مکزیک این پتانسیل را دارند که تا سال ۲۰۵۰ میلادی میلیون‌ها شغل جدید ایجاد کرده و درآمدهای کشاورزی و صنعتی خود را از یک تا چهار تریلیون (چهار هزار میلیارد) دلار افزایش دهند.

بیواتانول الکلی است که اغلب از تخمیر کربوهیدرات‌هایی که در محصولات قندی یا نشاسته‌ای تولید می‌شود مانند ذرت و نیشکر ساخته می‌شود. بیوماس سلولزی حاصل از منابع غیر غذایی مانند درختان و گراس‌ها نیز به‌عنوان مواد خام برای تولید اتانول مطرح است. اتانول می‌تواند در شکل خالصش به‌عنوان سوخت وسایل نقلیه مورد استفاده قرار گیرد، ولی معمولاً به‌عنوان مکمل بنزین برای افزایش اکتان و بهبود گازهای خودرو استفاده می‌شود.

این موضوع توجه ویژه‌ای را می‌طلبد درخصوص این حقایق که حدود ۴۳ درصد از توده اراضی زمین خشک و نیمه‌خشک و ۹۸ درصد از آب آن شور است (جون^۱ و همکاران، ۲۰۱۰)، بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از جهان تحت تأثیر شوری است (سزابولز^۲، ۱۹۸۹)، ۴۵ میلیون از ۲۳۰ میلیون هکتار اراضی کشاورزی تحت آبیاری شور شده‌اند و این تهدید در حال سرایت به اراضی قابل کشت است. ایران در حدود ۳۶۵ گونه دائمی و یک‌ساله هالوفیت دارد که بسیاری از آن‌ها می‌توانند برای تولید بیوماس لیگنوسلولزی به‌عنوان منبع سوخت زیستی مورد استفاده قرار گیرند. با انجام تحقیق در این زمینه می‌توان در انتخاب گیاهان دائمی با بیوماس بالا که مواد لیگنوسلولزی مناسبی برای تبدیل شدن به اتانول دارند و می‌توانند بدون نیاز به اراضی قابل کشت و آب تازه رشد داشته باشند، استفاده کرد. این گیاهان در طبیعت فراوان هستند و خارج از زنجیره غذایی انسان بوده که نگهداری پایینی را می‌طلبند و همین امر سبب می‌شود تا هزینه‌های رشد پایین

به عبارت دیگر، سهم ما در تولید جهانی کمتر از یک در هزار است. اگر به قیمت سوخت فسیلی در دهه‌های اخیر نگاهی بیندازیم، درمی‌یابیم که قیمت آن‌ها از شبکه‌ای ۷ تا ۸ دلار شروع شده و حتی در مقطعی به ۱۳۰ تا ۱۴۰ دلار هم رسیده است. یعنی همواره روند رو به رشدی را طی کرده، اما این موضوع درباره سوخت‌های زیستی برعکس بوده است. به هر حال یکی از دلایل مهم جایگزینی بیواتانول در سوخت خودروها، کمک به کاهش آلودگی محیط زیست و حذف ماده آلاینده (متیل ترشری بوتیل اتر)^۳ از بنزین است که این ماده در آمریکا از بنزین حذف شده است و در اروپا یک برنامه‌ریزی میان مدت برای حذف آن وجود دارد. از آنجاکه قابلیت‌های بسیاری برای تولید سوخت‌های زیستی در کشور وجود دارد و به آینده سوخت‌های فسیلی نیز امید چندانی نمی‌رود، لازم است به فکر توسعه و افزایش تولید این سوخت‌های تجدیدپذیر زیستی باشیم تا علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، اتکا به منابع نفتی را فراموش کنیم. باید توجه داشته باشیم هر کشوری دارای برنامه مشخص برای تولید اتانول است و با توجه به شرایط هر کشور، وضع تولید در هیچ کشوری قابل مقایسه و یکسان‌سازی نیست. کمپانی‌ها و مؤسسات تحقیقاتی و مهندسی متعددی در جهان، از آمریکا و کانادا و برزیل گرفته تا اروپا و حتی ژاپن در حال کار جدی بر روی اقتصادی نمودن و باصرفه کردن هرچه زودتر تولید بیواتانول سوختی از مواد سلولزی هستند. دولت‌ها و کمپانی‌های بزرگ نفتی هم با بودجه‌های کلان چنین طرح‌هایی را حمایت می‌کنند. بنابراین موضوع کاملاً جدی است و در آینده‌ای نه چندان دور، می‌بایست منتظر تحول عظیمی در صنعت و بازار بیواتانول سوختی در جهان باشیم.

براساس گزارش همایش جهانی اقتصاد در داونس - سویس ژانویه ۲۰۱۲، جمع‌آوری و بهره‌برداری صحیح و اصولی از زائدات محصولات کشاورزی و سایر منابع لیگنوسلولزی که بدون نیاز به تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی و بدون تداخل با زنجیره غذایی مردم صورت می‌گیرد، خواهد توانست تولید بیواتانول سوختی نسل

1. Jeon

2. Szabolcs

باشد. استفاده روزافزون از سوخت‌های زیستی با هدف تولید انرژی، امروزه از تحقیقات خاص محسوب می‌شود چون این نوع سوخت باعث کاهش گازهای گلخانه‌ای، تأمین استقلال و حتی ارائه فرصت‌های شغلی جدید می‌شود.

گونه‌های مورد بررسی در جدول (۱) آمده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ترکیبات لیگنوسلولزی (سلولز، همی سلولز و لیگنین) دو گونه هالوفیت *Atriplex leuococlada* و *Suaeda*

جدول (۱): مشخصات سایت‌های مورد بررسی

استان	گونه	موقعیت مکانی	ارتفاع	پر بارترین ماه	متوسط بارندگی سالانه	متوسط درجه حرارت سالانه	متوسط درجه حرارت حداکثر	فصل مرطوب	مشخصات خاک
فارس	<i>At. leuococlada</i>	N ۲۸° ۲۷' ۳۳'' E ۵۴° ۲۶' ۲۵''	۱۰۱۰ متر	آذر ۵۳.۳۶ میلی‌متر	۲۳۴.۷۴ میلی‌متر	۲۱.۷۵ °C	۴۱.۸۳ °C- خرداد	آبان تا اواسط بهمن	pH ۸.۴۸ EC ۸۳.۲۹ ds/m
فارس	<i>Su. vermiculata</i>	N ۲۷° ۳۸' ۵۶'' E ۵۴° ۴۱' ۵۴''	۶۵۰ متر	آبان ۳۸.۲۴ میلی‌متر	۱۷۷.۷ میلی‌متر	۲۳.۳ °C	۴۳.۲۴ °C- خرداد	آبان تا اوایل بهمن	pH ۷.۹۵ EC ۲.۹۸ ds/m
خوزستان	<i>At. leuococlada</i> و <i>Su. vermiculata</i>	N ۳۰° ۵۳' ۱۶'' E ۴۸° ۳۶' ۷۱.۵''	۱۸ متر	دی و بهمن بیش از ۴۰ میلی‌متر در هر ماه	۲۵۰.۳ میلی‌متر	۲۵.۶ °C	۴۹.۵ °C- مرداد	اواخر فروردین تا مهر	pH ۷.۵ EC ۸ ds/m
هرمزگان	<i>At. leuococlada</i>	N ۲۸° ۶' ۵۶'' E ۵۵° ۴۶' ۵۴''	۶۸۰ متر	آذر ۴۲.۸ میلی‌متر	۱۹۳ میلی‌متر	۲۵.۳۲ °C	۴۳.۹ °C- خرداد	آذر تا فروردین	pH ۷.۶۴-۸.۳۷ EC ۱۹-۱۳۰ ds/m
هرمزگان	<i>Su. vermiculata</i>	N ۲۸° ۶' ۲۴'' E ۵۵° ۴۶' ۹''	۶۵۰ متر	آذر ۴۲.۸ میلی‌متر	۱۹۳ میلی‌متر	۲۵.۳۲ °C	۴۳.۹ °C- خرداد	آذر تا فروردین	pH ۷.۶۴-۸.۳۷ EC ۱۹-۱۳۰ ds/m
سمنان	<i>At. leuococlada</i> و <i>Su. vermiculata</i>	N ۳۵° ۳۵' ۲۷'' E ۵۲° ۳۵' ۱۰''	۸۰۰ متر	فروردین ۲۵.۸ میلی‌متر	۱۰۰ میلی‌متر	۱۸.۴ °C	۴۰ °C- مرداد	دی تا اسفند	pH ۷.۶ EC ۳۴ ds/m

مواد گیاهی شامل ساقه‌ها و برگ‌ها برداشت شد (شکل ۱ و ۲) و سپس در هوای آزاد خشک شده و آسیاب شدند. مواد گیاهی از الک ۱ میلی‌متری عبور داده شد و در کیسه‌های پلاستیکی غیرقابل نفوذ نگهداری شدند. آنالیز بیوماس

مقدار فیبر و براساس روش AOAC انجام شد. درصد ADF، با استفاده از دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک^۱ NIR مدل INFRAMATIC8620 تعیین شد. برای

کالیبراسیون NIR ابتدا با استفاده از برآورد درصد ADF (به‌وسیله دستگاه فایبرتیک) از طول موج‌های مختلف دستگاه NIR معادلات متعدد رگرسیونی برازش داده شد و براساس پارامترهای آماری از قبیل ضرایب همبستگی و اشتباه استاندارد بهترین معادله برای کالیبراسیون NIR انتخاب شد. در این روش اشتباه استاندارد کالیبراسیون و اشتباه استاندارد

صحت برای درصد ADF به‌ترتیب برابر با ۲/۸۳ و ۲/۴۹ درصد به‌دست آمد که نشان‌دهنده ۲/۵ درصد خطای احتمالی دستگاه NIR در اندازه‌گیری درصد ADF است. جزئیات روش کالیبراسیون NIR توسط جعفری و همکاران (۲۰۰۳) و چاره‌ساز و همکاران (۲۰۱۰) توضیح داده شده است.



شکل (۱): برداشت اندام هوایی از گونه *Atriplex leucoclada*



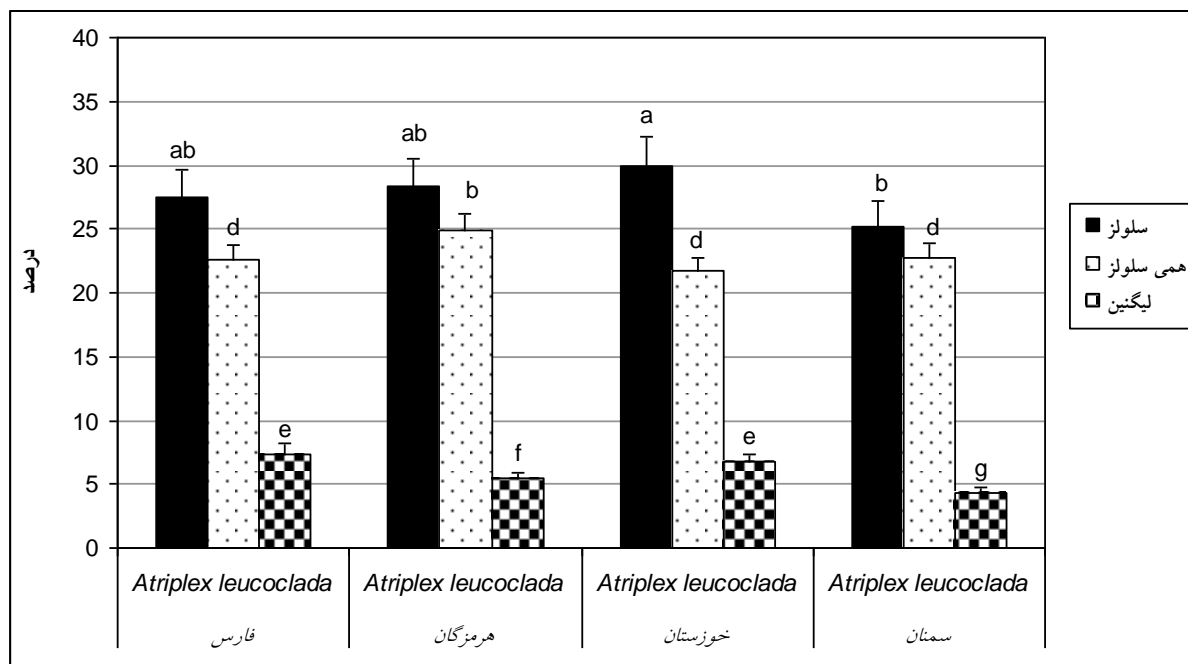
شکل (۲): برداشت اندام هوایی از گونه *Suaeda vermiculata*

نتایج

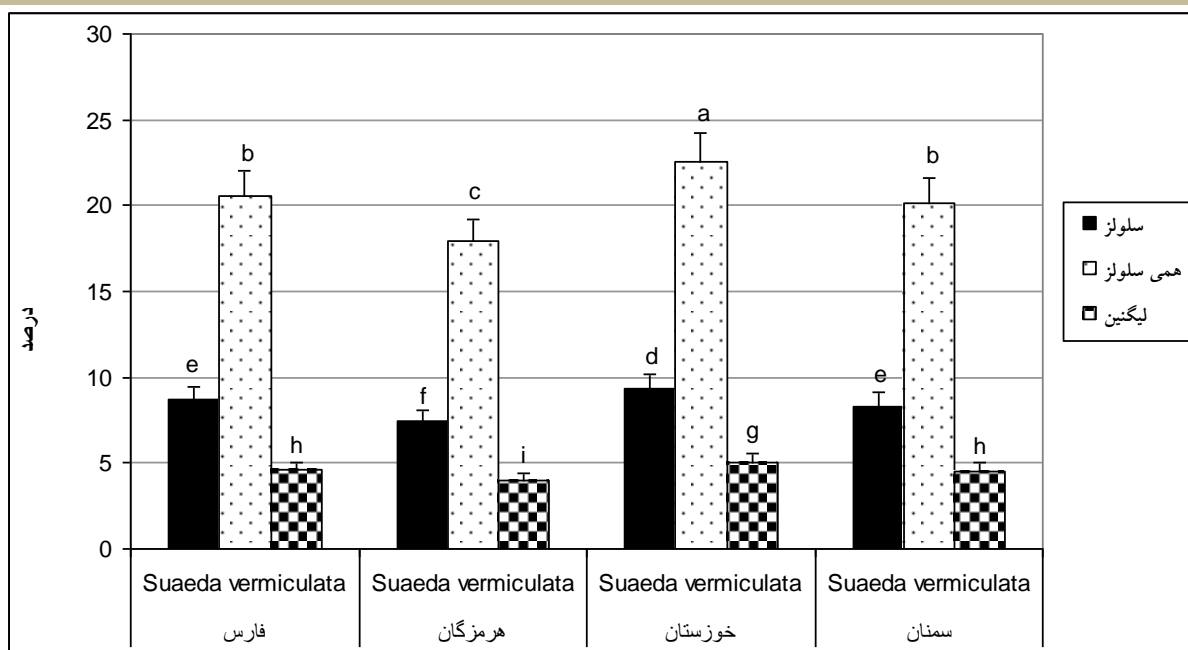
Suaeda vermiculata و *leuococlada* در چهار رویشگاه

شور به ترتیب در شکل های (۳) و (۴) ارائه شده است.

هر دو گونه مورد مطالعه چندساله و از خانواده اسفناجیان هستند. مقدار سلولز، همی سلولز و لیگنین این دو گونه متفاوت بود. مقایسه ترکیبات لیگنوسلولزی دو گونه *Atriplex*



شکل (۳): مقایسه ترکیبات لیگنوسلولزی گونه *Atriplex leuococlada* در چهار رویشگاه شور



شکل (۴): مقایسه ترکیبات لیگنوسلولزی گونه *Suaeda vermiculata* در چهار رویشگاه شور

بحث

نیروهای عرضه و تقاضاست، اثر فلج کننده ای بر اقتصاد بسیاری از کشورها دارد. برای مثال، پاکستان سالانه ۳.۱ میلیارد

روند ناپایدار ولی تورمی قیمت های جهانی نفت که ناشی از

شده که می‌تواند آثار خطرناک شوری خاک و کمبود آب آبیاری با کیفیت خوب را تشدید کند. امکان تبدیل بیوماس رویشی لیگنوسلولزی گیاهان به قند که در ادامه به اتانول تخمیر می‌شود، در پیچه‌های جدیدی را به سوی غلبه بر مشکل «غذا یا سوخت» می‌گشاید، چون دانه در این فرایند برای تولید غذا در امان است. هالوفیت‌ها (گیاهان شورپسند) تحت شرایطی که هم آب و هم خاک شور است، رشد می‌کنند. بنابراین استفاده از گونه‌های هالوفیت به‌عنوان محصول سوخت زیستی با صرفه است، زیرا این گیاهان با محصولات مرسوم بر سر خاک و آب با کیفیت رقابت نمی‌کنند و از این رو به منابعی که برای تولید محصولات غذایی نیاز است، دست‌اندازی نمی‌شود. ایالات متحد آمریکا به‌تنبهایی پتانسیل تولید بیوماس لیگنوسلولزی کافی برای تأمین سالیانه ۶۰ میلیارد گالن اتانول را بدون جایگزینی محصولات کشاورزی دارد (چانگ، ۲۰۰۷). هالوفیت‌ها می‌توانند چندین ویژگی منحصر به فرد از پراکنش و رویشگاه گرفته تا جنبه‌های ترکیب را دارا باشند که باعث می‌شود آن‌ها به‌طور بالقوه منابع زیستی جالبی برای تولید سوخت زیستی به‌شمار آیند. بیواتانول حاصل از بیوماس لیگنوسلولزی به‌طور گسترده به‌عنوان یک جایگزین قابل قبول و سازگار با محیط زیست برای بنزین یا به‌عنوان مکمل بنزین مطرح است، زیرا همان‌قدر CO₂ آزاد می‌کند که در خلال فتوسنتز جذب کرده است. انتخاب گونه‌های مناسب از منابع غیر غذایی، معضل غذا در برابر سوخت را تا حد زیادی رفع می‌کند. اگرچه به‌عنوان رژیم غذایی انسان مرسوم نیست، هالوفیت‌ها یک منبع باارزش برای تغذیه گاو محسوب می‌شوند. برای مثال *P. turgidum* زمانی که به‌صورت سبز برای تغذیه دام استفاده می‌شود، ثابت شده که به‌خوبی ذرت عمل می‌کند و کاه و کلش آن می‌تواند به‌طور مؤثری با کاه و کلش گندم برای تغذیه گاو جایگزین شود. همین‌طور *D. bipinnata* می‌تواند تا ۷۵ درصد کاه و کلش گندم در تغذیه گاو را تکمیل کند. مزیت دیگر استفاده از

دلار را صرف واردات محصولات نفتی می‌کند که رقم قابل توجهی است. به تازگی تلاش‌هایی به‌منظور کاهش هزینه‌ها از طریق ترکیب بنزین با مواد افزودنی مناسب و کم‌هزینه مانند اتانول صورت پذیرفته است (ویمان^۱، ۱۹۹۹) اما معضلی که ایجاد شده، بحث بر سر انتخاب میان مواد غذایی و سوخت است، زیرا اتانول به‌راحتی از تخمیر قند حاصل می‌شود. این امر باعث فشار بیشتر بر محصولات تولیدکننده قند شده و این سؤال مطرح می‌شود که آیا این محصولات بایستی برای غذا استفاده شوند یا سوخت؟ به عبارت دیگر، امکان استفاده از اتانول به‌عنوان مکمل بنزین مورد بررسی قرار گرفته است، ولی تولید آن از گیاهانی که در تأمین غذا نقش دارند، از طریق تخمیر مستقیم قند یا با هیدرولیز و تخمیر بعدی نشاسته باعث می‌شود تا بحثی جدی در خصوص رقابت بین غذا و سوخت مطرح شود. با وجود شک و تردید ابراز شده توسط برخی محققان درباره محدودیت کارایی منابع تولید اتانول از گندم، نیشکر، ذرت و بیودیزل از دانه (بورجسن و ماتیس^۲، ۲۰۰۸)، در آمریکا تولید بیواتانول از ذرت از تولید بیواتانول از نیشکر در برزیل پیشی گرفته و اقداماتی توسط انگلستان در دست اجراست، برای ساخت پالایشگاه‌هایی که می‌تواند از دانه گندم برای همان هدف استفاده کند. گفتنی است که ارتقای بهره‌وری سیستم‌های کشاورزی از طریق مدیریت بهتر می‌تواند پتانسیل کاهش مساحت زمین را برای تولید مواد غذایی به اندازه ۷۲ درصد تا سال ۲۰۵۰ داشته باشد (اسمیتس^۳ و همکاران، ۲۰۰۷) و منابعی را برای سایر کاربردها مانند سوخت زیستی در اختیار قرار دهد، اما رشد جمعیت اقتضا می‌کند چنانچه قرار است امنیت غذایی حفظ شود، تولید مواد غذایی نیز بایستی دو برابر شود. این موضوع را نمی‌توان انکار کرد که کشاورزی در حال حاضر تحت فشار است. تولید محصولات با تغییرپذیری فزاینده آب‌وهوا به‌دلیل اثر گلخانه‌ای محدود

زیستی جدید معرفی شده برای تولید بیواتانول مانند *Buddleja davidii* (۳۰ درصد لیگنین، ۳۵ درصد سلولز، و ۳۴ درصد همی سلولز) را دارند (هالاک^۲ و همکاران، ۲۰۰۹).

نتیجه گیری

نتیجه کلی این تحقیق نشان داد که برخی از هالوفیت‌ها می‌توانند به شکل مناسبی با سایر منابع مرسوم برای تولید سوخت زیستی رقابت کنند. به بیان دیگر، نتایج این تحقیق گزینه انتخاب گیاهان چندساله با بیوماس بالا را که مواد لیگنوسلولزی مناسبی برای تبدیل شدن به اتانول دارند و همچنین می‌توانند بدون دست‌اندازی به اراضی قابل کشت و آب آبیاری رشد کنند، مطرح می‌کند. این گیاهان به وفور در طبیعت یافت می‌شوند و خارج از زنجیره غذایی انسان هستند و چون شرایط نگهداری پایینی را می‌طلبند، رشد آن‌ها مقرون به صرفه است. اگرچه بسیاری از جنبه‌های مرتبط با هم نیاز به تحقیق دارند، آگاهی از پتانسیل بیوماس لیگنوسلولزی تعدادی از گونه‌های هالوفیت، دریچه‌ای را به روی انتخاب سایر کاندیدهای بیواتانول می‌گشاید.

هالوفیت‌ها فراوانی طبیعی آن‌ها در رویشگاه‌های شور است. از این رو این گیاهان از قبل با شرایط غالب محیط سازگار شده‌اند و هیچ خطری در ارتباط با پیامدهای منفی اکولوژیک در معرفی یک گونه خارجی وجود ندارد.

تبدیل مواد لیگنوسلولزی به اتانول شامل هیدرولیز سلولز از طریق آنزیم سلولاز و تخمیر قندی است که به وسیله مخمر یا باکتری تشکیل شده است. آنزیم‌های سلولاز به شدت خاص هستند و گام مهمی در پروسه تبدیل محسوب می‌شوند. لیگنین می‌تواند یک عامل محدودکننده باشد که در مقابل هیدرولیز بیوماس به وسیله قندسازی مقاومت کرده و هزینه تولید را افزایش می‌دهد. این پروسه‌ها نیاز به اصلاح دارند تا کارایی تبدیل افزایش یافته و هزینه‌های تولید کاهش یابد (یان^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). هزینه بالای تولید می‌تواند از طریق بررسی امکان استخراج سایر مواد شیمیایی با ارزش و مفید مانند پروتئین‌هایی که به فراوانی در برگ‌های بسیاری از گیاهان یافت می‌شوند، جبران شود (جون، ۲۰۱۰).

نتایج این تحقیق نشان داد که برخی هالوفیت‌ها مانند *Atriplex leucoclada* به دلیل تولید بیوماس بالا و نسبت بالای سلولز/همی سلولز به لیگنین پتانسیل جایگزینی با منبع

منابع

- Anderson, WF., Dien, BS., Brandon, SK. and Peterson, JD., 2008. *Assessment of bermudagrass and bunch grasses as feedstock for conversion to ethanol*. Appl Biochem Biotechnol; 145: 13e21.
- Borjesson, P. and Mattiasson, B., 2008. *Biogas as a resource-efficient vehicle fuel*. Trends Biotechnol; 26:7e13.
- Chang, MC., 2007. *Harnessing energy from plant biomass*. Curr Opin Chem Biol; 11:677e84.
- Charehsaz, N. Jafari, A.A., Arzani, H. and Azarnivand, H. 2010. Prediction of forage quality parameters in some range species by near infrared reflectance spectroscopy. Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) 94: 45-54.
- Gomez, LD., Steele-King, CG. and McQueen-Mason, SJ., 2008. *Sustainable liquid biofuels from biomass: the writing's on the walls*. New Phytol; 178:473e85.
- Flowers, TJ. and Colmer, TD., 2008. *Salinity tolerance in halophytes*. New Phytol; 179:945e63.
- Hallac, BB., Sannigrahi, P., Pu, Y., Ray, M., Murphy, RJ. and Ragavskas, AR., 2009. *Biomass characterization of Buddleja davidii: a potential feedstock for biofuel production*. J Agric Food Chem; 57: 1275e81.

8. Jafari, A. V. Connolly, A. Frolich and E.K. Walsh. 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. *Irish journal of agricultural and food research* 42: 293-299.
9. Jeon, YJ., Xun, Z. and Rogers, PL., 2010. *Comparative evaluations of cellulosic raw materials for second generation bioethanol production*. *Lett Appl Microbiol*; 51:518e24.
10. Ohlrogge, J., Allen, D., Berguson, B., Dellapena, D., Hill, YS. and Styme, S., 2009. *Energy. Driving on biomass*. *Science*; 324: 1019e20.
11. Shafiee, S. and Topal, S., 2009. *When will fossil fuel reserves be diminished?* *Energy Policy*; 37:181e9.
12. Shao, Q., Chundawat, SP., Krishnan, C., Bals, B., Sousa, LC. and Thelan, KD., 2010. *Enzymatic digestibility and ethanol fermentability of AFEX-treated starch-rich lignocellulosics such as corn silage and whole corn plant*. *Biotechnol Biofuels*; 3:12.
13. Szabolcs, I., 1989. *Salt-affected soils*. Boca Raton, FL: CRC Press.
14. Yuan, JS., Tiller, KH., Al-Ahmad, H., Stewart, NR. and Stewart, CN., 2008. *Plants to power: bioenergy to fuel the future*. *Trends Plant Sci*; 13:421e9.
15. Wyman, C., 1999. *Biomass ethanol: technical progress, opportunities, and commercial challenges*. *Ann Rev Energy Environ*; 24:189e226.

A comparison on potential of ligno-cellulosic biomass for ethanol production from halophyte species in desert regions Case study: *Atriplex leuoclada* and *Suaeda vermiculata*

Ehsan Zandi Esfahan^{1*}, Ali ashraf Jafari², Ali Mohebbi³

Received: Sep/8/2015

Accepted: Nov/5/2015

Abstract

World reserves of petroleum are being consumed rapidly and expected to exhaust by the middle of this century. This realization has led to the introduction of various grades of ethanol supplemented fuel. However, ethanol demands met from sources used for food may cause food shortage. This necessitates exploiting saline lands to produce non-food ligno-cellulosic biomass which, may be converted into ethanol without compromising human food production. Halophytes which produce plenty of biomass using saline resources (water and soil) may be an important alternative especially in desert regions. In current study, *Atriplex leuoclada* and *Suaeda vermiculata* were collected from Fars, Hormozgan, Khozestan and Semnan provinces and ligno-cellulosic composition was investigated. According to the results, *Atriplex leuoclada* has the potential as bio-ethanol crops. It is a perennial species and resistant to salinity, with high growth rates to produce ligno-cellulosic biomass of good quality (25-29% cellulose, 22-25% hemi-cellulose, and less than 8 % lignin).

Keywords: Bio-ethanol, cellulose, environment friendly, lignin, salinity.

1. Corresponding author, Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

2. Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran