مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات مرتع و بیابان ایران شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJRDR.2020.123809.1784
جلد ۲۷ شماره ۳، صفحه ۴۹۴-۴۸۵، (۱۳۹۹) شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0875.1399.27.485.80.3.1576.1606

بررسی قابلیت تولید اتانول پنج گونه شورروی در مراحل مختلف فنولوژیکی در استان هرمزگان

محمد امین سلطانی‌پور[۱] و احسان زندی اصفهان [۲*]

۱- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران،
۲* - نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،
پست الکترونیک: Zandi@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۲۵

چکیده

بهره‌برداری از اراضی شور با هدف تولید بیوماس لیگنوسلولزی که فاقد ارزش غذایی است می‌تواند به اتانول تبدیل شود و در عین حال تأثیری بر تولید غذای انسان ندارد ضروری بنظر می‌رسد. هالوفیت‌ها و گیاهان مقاوم به شوری که بیوماس زیادی را با استفاده از منابع شور (آب و خاک شور) تولید می‌کنند می‌توانند به‌عنوان یک جایگزین مهم در این ارتباط محسوب شوند. بدین‌منظور این تحقیق با هدف بررسی قابلیت تولید اتانول در پنج گونه شورروی به نام‌های *Aeluropus lagopoides*، *Atriplex leucoclada*، *Desmostachya bipinnata*، *Halopyrum mucronatum* و *Halocnemum strobilaceum* در سال ۱۳۹۵ در استان هرمزگان انجام شد. نمونه‌های گیاهی در سه مرحله فنولوژیک شامل رشد رویشی، گلدهی و بذردهی از دو منطقه زمین‌سنگ و سیریک جمع‌آوری و سه صفت سلولز، همی‌سلولز و لیگنین اندازه‌گیری شدند. تجزیه‌وتحلیل واریانس داده‌ها بصورت آزمایش فاکتوریل (فاکتور اول گونه و فاکتور دوم مراحل فنولوژیکی) در قالب طرح کاملا تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در نرم‌افزار SPSS-14 انجام شد. نتایج نشان داد که گونه *Halopyrum mucronatum* در هر سه مرحله رویشی قابلیت تولید اتانول را دارد. گونه *Halocnemum strobilaceum* فقط در مرحله رشد رویشی و دو گونه *Aeluropus lagopoides* و *Desmostachya bipinata* فقط در مرحله اوج بذردهی قابلیت تولید اتانول را داشتند.

واژه‌های کلیدی: اتانول، گیاهان شورروی، مراحل مختلف فنولوژی، استان هرمزگان.

مقدمه

بیواتانول الکلی است که اغلب از تخمیر کربوهیدرات هایی که در محصولات قندی یا نشاسته‌ای تولید می‌شوند ساخته می‌شود. بیوماس سلولزی حاصل از منابع غیرغذایی مانند درختان و گراس‌ها نیز به‌عنوان مواد خام برای تولید اتانول مطرح است. اتانول می‌تواند در شکل خالصش به عنوان سوخت وسایل نقلیه مورد استفاده قرار گیرد ولی معمولا به‌عنوان مکمل بنزین برای افزایش اکتان و بهبود گازهای خودرو استفاده می‌شود. بیواتانول حاصل از بیوماس لیگنوسلولزی به‌طور گسترده به‌عنوان یک جایگزین قابل قبول و سازگار با محیط‌زیست برای بنزین یا به‌عنوان مکمل بنزین مطرح است، زیرا همان‌قدر CO_2 آزاد می‌کند که در خلال فتوسنتز جذب کرده است. انتخاب گونه‌های مناسب از منابع غیرغذایی، معضل غذا در برابر سوخت را تا حد زیادی رفع می‌کند، همچنین امکان تبدیل بیوماس رویشی لیگنوسلولزی گیاهان به قند که در ادامه به اتانول تخمیر

می‌شود دریچه‌های جدیدی را به سوی غلبه بر مشکل "غذا یا سوخت" می‌گشاید، چون دانه در این فرایند برای تولید غذا در امان است (Chang, 2007). هالوفیت‌ها و گونه‌های مقاوم به شوری در شرایطی که هم آب و هم خاک شور است رشد می‌کنند. بنابراین استفاده از این گونه‌ها به‌عنوان محصول سوخت زیستی باصرفه است، زیرا این گیاهان رقابتی بر سر خاک و آب با کیفیت با محصولات مرسوم ندارند، ازاین‌رو به منابعی که برای تولید محصولات غذایی نیاز است دست‌اندازی نمی‌شود. اگر گونه‌های انتخابی دائمی باشند برای مدت طولانی تاج پوشش دارند و نقش مهمی از نظر صرفه‌جویی در هزینه‌های کاشت گیاهان یکساله ایفا می‌کنند (Gomez, 2008). هالوفیت‌ها و گونه‌های مقاوم به شوری می‌توانند چندین ویژگی منحصر به فرد از پراکنش و رویشگاه گرفته تا جنبه‌های ترکیب داشته باشند که باعث می‌شود آنها به‌طور بالقوه منابع زیستی جالبی برای تولید سوخت زیستی باشند. بدیهی است که برخی از هالوفیت‌ها و گونه‌های مقاوم به شوری که ویژگی‌هایی شامل تولید بیوماس بالا و نسبت بالای سلولز/ همی‌سلولز و مقدار کم لیگنین دارند قابلیت جایگزینی با منبع زیستی جدید معرفی شده برای تولید بیواتانول مانند *Buddleja davidii* (۳۰ درصد لیگنین، ۳۵ درصد سلولز و ۳۴ درصد همی‌سلولز) را دارند (Hallac *et al*., 2009). ایران در حدود ۳۶۵ گونه دائمی و یکساله هالوفیت و مقاوم به شوری دارد که بسیاری از آنها می‌توانند برای تولید بیوماس لیگنوسلولزی به‌عنوان منبع سوخت زیستی مورد استفاده قرار گیرند. از نتایج این تحقیق می‌توان در انتخاب گیاهان با بیوماس بالا که مواد لیگنوسلولزی مناسبی را 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 باشد. استفاده روزافزون از سوخت‌های زیستی با هدف تولید انرژی امروزه از تحقیقات خاص محسوب می‌شود، چون این نوع سوخت باعث کاهش گازهای گلخانه ای، تأمین استقلال و خودکفایی کشور و حتی ارائه امکانات شغلی جدید می‌شود (Zandi Esfahan, 2014).

Alemzadeh Gorjiو همکاران (۲۰۱۹) در بررسی امکان استفاده از دو گونه مهم شورروی *Halocnemum strobilaceum* و *Salicornia europaea* در تولید اتانول زیستی نشان دادند که در هر سه مرحله فنولوژیکی به دلیل بالاتر بودن درصد سلولز و همی‌سلولز نسبت به لیگنین قابلیت استفاده به‌عنوان ماده اولیه تولید بیواتانول را دارند. Nodeh و Sahabi (۲۰۱۶) بیان کردند که ۵ گونه از جنس *Tamarix* و گونه *Euphorbia tirucalii* در بیابان نگو اسرائیل با توجه به توانایی بالای تولید بیوماس (۲۶ تا ۵۲ تن در هکتار) برای تولید بیواتانول در این منطقه بسیار مناسب هستند. Ashraf و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تولید بیواتانول و بیومتانول از ۸ گونه به نام‌های *Salicornia sinus-persica*، *Salicornia bigelovii*، *Moringa peregrina*، *Halodule uninervis*، *Holophila ovalis* و *Halophila stipulacea* میزان ۵۵ تا ۳۵۹ کیلوگرم بیواتانول و ۷۷ تا ۲۸۸ کیلوگرم بیومتانول بدست آوردند. Towfik و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تولید بیواتانول از ۶ گونه شورروی به نام‌های *Suaeda fruticosa*، *Atriplex nummularia*، *Artemisia monosperm*، *Kochia scoparia*، *Lactuca leucocephala* و *Myoporrum serratum* نشان دادند که این گونه‌ها دارای ۳۳-۲۰ درصد سلولز و ۲۴-۱۸ درصد همی‌سلولز برای تولید بیواتانول در مرحله گلدهی هستند. Smichi و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی تولید بیواتانول از شورروی‌ها نشان دادند که بیوماس دو گونه *Juncus maritimus* و *Retama retam* دارای ۵۰-۴۰ درصد سلولز، ۴۰-۲۰ درصد همی‌سلولز و ۳۰-۲۰ درصد لیگنین در وزن خشک است که مناسب برای تولید بیواتانول هستند. Abideen و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی توان گونه‌های هالوفیت به‌عنوان منبع بیوماس لیگنوسلولزی نشان دادند که برخی از گونه‌های هالوفیت مانند *Halopyrum mucronatum*، *Desmostachya bipinnata*، *Phragmites karka, Typha domingensis* و *Panicum*

turgidum در مناطق ساحلی پاکستان قابلیت محصولات بیواتانول را دارند. آنان گزارش کردند که این گراس‌های دائمی مقاوم به شوری بوده و میزان رشد بالایی برای تولید بیوماس لیگنوسلولزی با کیفیت شامل ۳۷-۲۶ درصد سلولز، ۳۸-۲۴ درصد همی‌سلولز و کمتر از ۱۰ درصد لیگنین دارند. آنان این‌گونه نتیجه می‌گیرند که بهره‌برداری از اراضی شور برای تولید بیوماس لیگنوسلولزی که فاقد ارزش غذایی است و می‌تواند به اتانول تبدیل شده و در عین‌حال تأثیری بر تولید غذای انسان ندارد ضروریست. Anderson و همکاران (۲۰۰۸) در ارزیابی Bermuda grass و Bunch grass به‌عنوان مواد خام برای تبدیل به اتانول نتیجه گرفتند که کیفیت علوفه با کارایی تبدیل به اتانول رابطه دارد. Yuan و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله‌ای با عنوان انرژی زیستی به عنوان سوخت آینده بیان کردند که در بین روش‌های مختلف، استفاده از بیوماس لیگنوسلولزی برای تولید اتانول دو مزیت اصلی دارد که عبارتند از: کسب انرژی خالص بیشتر و هزینه‌های تولید کمتر.

این بررسی با هدف بررسی قابلیت تولید اتانول در پنج گونه شورروی به نام‌های *Aeluropus lagopoides*، *Atriplex leucoclada bipinnata*، *Desmostachya mucronatum* و *Halopyrum strobilaceum* در سه مرحله فنولوژیک شامل رشد رویشی، گلدهی و بذردهی در استان هرمزگان انجام شد.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه

پنج گونه شورروی به نام‌های *Aeluropus lagopoides*، *Atriplex leucoclada bipinnata*، *Desmostachya mucronatum* و *Halopyrum strobilaceum* (شکل ۱ تا ۵) در سه مرحله رویشی از دو منطقه زمین‌سنگ و سیریک جمع‌آوری گردید (شکل ۶). شوره‌زار زمین‌سنگ در مختصات جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲۲ دقیقه و ۴۵ ثانیه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۵۰ دقیقه و ۳ ثانیه طول شرقی جاده بندرعباس- جاسک، دوراهی حسن‌لنگی، شوره‌زار غرب روستای زمین‌سنگ واقع شده است. اراضی منطقه پست و مسطح با خاک شور و سطح ایستابی بالاست. بررسی منحنی آمبروترمیک ۳۰ ساله در منطقه مورد مطالعه نیز نشان‌دهنده آن است که وضعیت رطوبت در ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند بالا بوده، به طوری‌که طول فصل مرطوب ۴ ماه و فصل خشک ۸ ماه می‌باشد و نوسانهای آن در ماه‌های مرطوب بین ۲۲/۷ تا ۵۷/۸ میلی‌متر می‌باشد. حداقل و حداکثر مطلق دما مربوط به بهمن و مردادماه و به‌ترتیب ۱ و ۵۴ درجه سانتی‌گراد است. منطقه دارای خاک سنگین، شور و قلیایی است. منطقه سیریک در مسیر جاده بندرعباس- جاسک، در مختصات جغرافیایی ۲۶ درجه و ۳۹ دقیقه و ۱۲ ثانیه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۴ دقیقه و ۲۶ ثانیه طول شرقی واقع شده است. تیپ اراضی منطقه تپه‌های ماسه‌ای مشرف به دریا می‌باشد. میانگین حداقل‌های دما در سردترین ماه سال ۱۴/۳۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثرهای دمای هوا در گرمترین ماه سال ۳۳/۷۸ درجه سانتی‌گراد است. کمترین و بیشترین دمای به وقوع پیوسته طی دوره آماری بلندمدت منطقه سیریک به‌ترتیب ۵/۵ و ۴۸/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. منطقه مورد بررسی دارای تابستان‌های گرم همراه با رطوبت نسبی بالا و زمستان‌های معتدل است، میزان و پراکنش بارندگی بسیار نامنظم می‌باشد و دمای هوا به صفر نمی‌رسد. بررسی منحنی آمبروترمیک منطقه نشان‌دهنده آن است که فقط دی‌ماه به‌عنوان ماه مرطوب سال به حساب می‌آید و میانگین بارندگی ۱۲۱/۸ میلی‌متر است.

شکل ۱- گیاه ***Aeluropus lagopoides***

شکل ۲- گیاه ***Atriplex leucoclada***

شکل ۳- گیاه ***Halopyrum mucronatum***

شکل ۴- گیاه ***Halocnemum strobilaceum***

شکل ۵- گیاه ***Desmostachya bipinnata***

شکل ۶- موقعیت مکانی مناطق جمع‌آوری گیاهان مورد بررسی

جدول ۱- اسم علمی و تیره گونه‌ها، محل جمع‌آوری و زمان برداشت آنها

گونه	تیره	محل جمع‌آوری	مراحل رشد		
			رشد رویشی	گلدهی	بذردهی
Aeluropus lagopoides	Poaceae	زمین‌سنگ	از دهه اول بهمن تا دهه سوم اسفند	از دهه اول فروردین تا دهه دوم اردیبهشت	از دهه دوم اردیبهشت تا دهه اول تیر
Desmostachya bipinnata	Poaceae	زمین‌سنگ	از دهه اول اسفند تا دهه اول خرداد	از دهه دوم خرداد تا دهه دوم تیر	از دهه دوم تیر تا دهه دوم مرداد
Halopyrum mucronatum	Poaceae	سیریک	از دهه اول بهمن تا دهه سوم اسفند	از دهه اول فروردین تا سوم اردیبهشت	از دهه سوم اردیبهشت تا دهه سوم خرداد
Atriplex leucoclada	Chenopodiaceae	زمین‌سنگ	از دهه اول بهمن تا دهه سوم تیر	از دهه اول مرداد تا دهه اول شهریور	از دهه اول شهریور تا دهه دوم مهر
Halocnemum strobilaceum	Chenopodiaceae	زمین‌سنگ	از دهه اول اسفند تا دهه دوم شهریور	از دهه دوم شهریور تا دهه دوم مهر	از دهه دوم مهر تا دهه دوم آذر

روش تحقیق

به‌منظور بررسی قابلیت اتانول گونه‌های شورروی، نمونه‌های گیاهی هریک از گونه‌های مورد بررسی به‌طور جداگانه، در سه مرحله رشد رویشی، گلدهی و بذردهی جمع‌آوری گردید (جدول ۱). برای این منظور به‌طور تصادفی تعداد ۱۵ پایه از ۱۰ سانتی‌متری بالای سطح خاک در سه تکرار برداشت شد (حدود یک کیلوگرم از هر پایه). نمونه‌ها ابتدا در هوای آزاد و بعد در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و پس از آسیاب با استفاده از الک یک میلی‌متری، تجزیه بیوماس لیگنوسلولزی بر اساس تعیین فیبر گیاه انجام شد. در این تحقیق، از دستگاه(Near Infrared Spectroscopy) NIR مدل INFRAMATIC8620 و روش AOAC (Shafiee, 2009) که شامل توابع چندگانه برای جداسازی کربوهیدرات‌های ساختمانی (سلولز، همی‌سلولز و لیگنین) از سایر اجزاء بیوماس لیگنوسلولزی است استفاده شد. این روش با تعیین NDF که بیانگر مقدار سلولز، همی‌سلولز و لیگنین است و قسمت اعظم فیبر یا دیواره سلولی را در

بیوماس دربرمی‌گیرد ارتباط دارد. ADF با استفاده از قسمت به جای مانده از تعیین NDF محاسبه شد. همی‌سلولز از تفریق ADF از NDF محاسبه می‌شود (Shao *et al.*, 2010). سپس NDF و ADF گیاهان مورد آزمایش با اسید سولفوریک ۷۲ درصد هیدرولیز شده تا مقدار سلولز به‌دست آمد. لیگنین از خاکستر باقیمانده هیدرولیز به‌دست آمد (Zandi Esfahan, 2014). داده‌ها به‌صورت آزمایش فاکتوریل (فاکتور اول گونه و فاکتور دوم مراحل فنولوژیکی) در قالب طرح کاملا تصادفی تجزیه واریانس شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. برای تجزیه داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن از نرم‌افزار SPSS-14 استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از آنالیز واریانس پارامترهای بیواتانول (سلولز، همی‌سلولز و لیگنین) در سه مرحله فنولوژیکی در گونه‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. بر این اساس، اثر گونه، اثر مراحل رشد فنولوژیکی و اثر متقابل گونه در مرحله رشد فنولوژیکی برای تمام صفات در سطح یک درصد معنی‌دار بود. جدول ۳ مقایسه میانگین‌های پارامترهای بیواتانول را در سه مرحله فنولوژیکی برای گونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. تمام گونه‌ها در میانگین‌های پارامترهای بیواتانول در سه مرحله فنولوژیکی اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین میزان سلولز، همی‌سلولز و لیگنین به‌ترتیب با ۶۰/۱، ۱۰ و ۱۳/۶ درصد در گونه *Halocnemum strobilaceum* اندازه‌گیری شد. در جدول ۴ مقایسه میانگین‌های پارامترهای بیواتانول در سه مرحله فنولوژیکی در گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که سه مرحله فنولوژیکی با هم در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. از مرحله اوج رویش به سمت اوج گلدهی و از این مرحله تا مرحله اوج بذردهی پارامترهای بیواتانول روند افزایشی نشان دادند. بیشترین درصد سلولز، همی‌سلولز و لیگنین در مرحله بذردهی و کمترین آن در مرحله رویشی بود. جدول ۵ اثر متقابل گونه در مراحل فنولوژیکی بر پارامترهای بیواتانول در گونه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیشترین میزان لیگنین با ۱۸/۳ درصد در مرحله بذردهی در گونه *Halocnemum strobilaceum* و کمترین آن با ۴/۴ درصد در مرحله رویشی در گونه *Halopyrum mucronatum* بود. بیشترین میزان همی‌سلولز با ۱۵/۷ درصد در مرحله بذردهی در گونه *Halocnemum strobilaceum* و کمترین آن با ۰/۲ درصد در مرحله رویشی در گونه *Aeluropus lagopoides* مشاهده شد. بیشترین میزان سلولز با ۶۳/۵ درصد در مرحله بذردهی در گونه *Halocnemum strobilaceum* و کمترین آن با ۲۲/۲ درصد در مرحله رویشی در گونه *Atriplex leucoclada* بود.

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس پارامترهای بیواتانول برای سه مرحله فنولوژیکی در پنج گونه مورد مطالعه

منابع	درجه آزادی	درصد لیگنین	درصد همی‌سلولز	درصد سلولز
گونه	۴	۴۲۹/۶ **	۵۶۹/۶ **	۸۵۷۶/۱**
مراحل رویشی	۲	۱۳۲/۶ **	۲۲۰/۵ **	۲۰۶/۲ **
گونه*مراحل	۸	۱۲۳/۶ **	۱۸۴/۰ **	۶۴/۸ **
خطا	۳۰	۳/۶	۷/۳	۱۷/۴
کل	۴۴	۶۸۹/۴	۹۸۱/۵	۸۸۶۴/۵

**: معنی‌دار در سطح ۱٪

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های پارامترهای بیواتانول در سه مرحله فنولوژیکی برای گونه‌های مورد مطالعه

گونه	درصد لیگنین	درصد همی‌سلولز	درصد سلولز
Desmostachya bipinnata	۵/۵ d	۱/۵ c	۲۴/۶ cd
Aeluropus lagopoides	۶/۰ c	۰/۱ d	۲۴/۹ c
Atriplex leucoclada	۷/۳ b	۱/۵ c	۲۳/۹ d
Halopyrum mucronatum	۵/۳ d	۲/۱ b	۳۳/۷ b
Halocnemum strobilaceum	۱۳/۶ a	۱۰/۰ a	۶۰/۱ a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های سه مرحله فنولوژیکی برای پارامترهای بیواتانول در گونه‌های مورد مطالعه

مراحل رویشی	درصد لیگنین	درصد همی‌سلولز	درصد سلولز
اوج رویش	۵/۲۹ c	۰/۰۵ c	۳۰/۶۱ c
اوج گلدهی	۷/۸۷ b	۳/۷۹ b	۳۴/۰۵ b
اوج بذردهی	۹/۴۶ a	۵/۳۲ a	۳۵/۷۵ a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۵- اثر متقابل گونه در مراحل فنولوژیکی بر پارامترهای بیواتانول در گونه‌های مورد مطالعه

گونه	مراحل رویشی	درصد لیگنین	درصد همی‌سلولز	درصد سلولز
Desmostachya bipinnata	رویشی	۴/۶ hi	۰/۹ ghi	۲۲/۵ h
	گلدهی	۵/۴ g	۱/۷ efg	۲۴/۶ g
	بذردهی	۶/۷ e	۱/۷ efg	۲۶/۸ f
Aeluropus lagopoides	رویشی	۴/۶ hi	۰/۲ j	۲۳/۳ h
	گلدهی	۵/۵ fg	۰/۳ i	۲۴/۷ g
	بذردهی	۷/۸ c	۱/۳ fgh	۲۶/۸ f
Atriplex leucoclada	رویشی	۶/۱ ef	۱/۱ k	۲۲/۲ h
	گلدهی	۶/۵ d	۱/۹ ef	۲۴/۷ g
	بذردهی	۸/۲ c	۴/۶ c	۲۴/۹ g
Halopyrum mucronatum	رویشی	۴/۴ i	۰/۸ hi	۳۰/۹ e
	گلدهی	۵/۲ gh	۲/۳ e	۳۳/۷ d
	بذردهی	۶/۳ e	۳/۳ d	۳۶/۷ c
Halocnemum strobilaceum	رویشی	۶/۷ e	۱/۹ e	۵۴/۲ b
	گلدهی	۱۵/۷ b	۱۲/۶ b	۶۲/۶ a
	بذردهی	۱۸/۳ a	۱۵/۷ a	۶۳/۵ a

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

بحث

درصد لیگنین، همی‌سلولز و سلولز در سه مرحله اوج رویش، اوج گلدهی و اوج بذردهی در گونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد. کمترین مقادیر مربوط به مرحله اوج رویش بود که با پیشرفت مراحل رشد افزایش پیدا کرد و در مرحله اوج بذردهی بیشترین مقادیر لیگنین، همی‌سلولز و سلولز حاصل گردید. بیشترین درصد لیگنین (۱۸/۲۶ درصد)، درصد سلولز (۶۳/۵۴ درصد) و درصد همی‌سلولز (۱۵/۶۸ درصد) در مرحله اوج بذردهی در گونه *Halocnemum strabilaceum* بود. Abideen و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی توان گونه‌های هالوفیت به‌عنوان منبع بیوماس لیگنوسلولزی نشان دادند که برخی از گونه‌های هالوفیت مانند *Halopyrum mucronatum*، *Desmostachya bipinnata*، *Phragmites karka*، *Typha domingensis* و *Panicum turgidum* در مناطق ساحلی پاکستان قابلیت محصولات بیواتانول را دارند. آنان گزارش کردند که این گراس‌های دائمی مقاوم به شوری بوده و میزان رشد بالایی برای تولید بیوماس لیگنوسلولزی با کیفیت شامل ۳۷-۲۶ درصد سلولز، ۳۸-۲۴ درصد همی‌سلولز و کمتر از ۱۰ درصد لیگنین دارند. آنان نتیجه‌گیری کردند که بهره برداری از اراضی شور برای تولید بیوماس لیگنوسلولزی که ارزش غذایی ندارد و می‌تواند به اتانول تبدیل شود و در عین حال تأثیری بر تولید غذای انسان ندارد، ضروریست. Abdollahi (۲۰۱۴) گونه *Nitraria shcoberi* را با توجه به مقدار لیگنین ۵/۲۶ درصد، ۵۱/۹ درصد سلولز و ۱۳/۲۵ درصد همی‌سلولز دارای قابلیت تولید بیواتانول در مرحله اوج رویشی در اراضی شور کاشان معرفی می‌کند. Hallac و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی ویژگی‌های بیوماس گونه *Buddle jadavidii* به‌عنوان یک ماده خام برای تولید سوخت زیستی، این گونه را به دلایل مختلف ازجمله ترکیب بیوماس شامل ۱۰ درصد لیگنین، ۳۵ درصد سلولز و ۳۴ درصد همی‌سلولز به‌عنوان یک منبع زیستی جدید و بالقوه برای تولید بیواتانول معرفی کردند. Ghasemi و همکاران (۲۰۱۴) گونه *Halocnemum strobilaceum* را فقط در مرحله رشد رویشی بدلیل بالاتر بودن درصد سلولز و همی‌سلولز نسبت به لیگنین دارای قابلیت تولید اتانول می‌دانند (درصد لیگنین، همی‌سلولز و سلولز به‌ترتیب ۶/۸، ۱۰/۸ و ۵۴/۱۶ درصد). این گونه در مراحل گلدهی و بذردهی به دلیل بالاتر بودن درصد لیگنین نسبت به سلولز و همی‌سلولز توان تولید اتانول را ندارد. بر اساس شاخص Abideen و همکاران (۲۰۱۱) (۳۷-۲۶ درصد سلولز، ۳۸-۲۴ درصد همی‌سلولز و کمتر از ۱۰ درصد لیگنین) بالاتر بودن درصد سلولز و همی‌سلولز نسبت به لیگنین قابلیت تولید اتانول را در گیاه نشان می‌دهد. بنابراین در این بررسی گونه *Halopyrum mucronatum* در هر سه مرحله رویشی قابلیت تولید اتانول را دارد (لیگنین ۶/۲۷-۴/۳۸ درصد، همی‌سلولز ۳/۳۰-۰/۷۹ درصد و سلولز ۳۶/۶۸-۳۰/۸۶ درصد). گونه *Halocnemum strobilaceum* فقط در مرحله رشد رویشی بدلیل بالاتر بودن درصد سلولز نسبت به لیگنین دارای قابلیت تولید اتانول است (درصد لیگنین، همی‌سلولز و سلولز به‌ترتیب ۶/۷۱، ۱/۹ و ۵۴/۱۹ درصد). این گونه در مراحل گلدهی و بذردهی به دلیل بالا بودن درصد لیگنین توان تولید اتانول را ندارد. گیاه *Atriplex leucolada* با توجه به پایین بودن سلولز قابلیت تولید اتانول را نداشت. دو گونه *Aeluropus lagopoides* و *Desmostachya bipinata* فقط در مرحله اوج بذردهی قابلیت تولید اتانول را داشتند. سلولز در این دو گونه به ترتیب ۲۶/۸۰ و ۲۶/۸۳ درصد و لیگنین نیز به‌ترتیب ۷/۸۵ و ۶/۶۷ درصد بود.

منابع مورد استفاده

-Abdollahi, M., Ranjbar Fardouei, Panahi, F. and Zandi Esfahan, E. 2014. Investigation on using of multipurpose potential of halophytes in Tabas (Kashan). M.Sc. Thesis of Natural resources engeering, Kashan university, Kashan, 69 p.
-Abideen, Z., Ansari, R. and Ajma Khan, M., 2011. Halophytes: Potential source of ligno-cellulosic biomass for ethanol production. Biomass and Bioenergy, 35:1818-1822.
-Alemzadeh Gorji, A., Heshmati, G. A., Zandi Esfahan, E. and Motamedi, J., 2019. Assessing the potential

multi-purpose use of two important halophyte species with emphasis on forage quality, oil and bio ethanol (A case study: Coastal zone of Uromia). Ph. D. thesis of Range management, Faculty of Range and Watershed managment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 96 p.

-Anderson, W., Dien, B., Brandon, S. and Peterson, J., 2008. Assessment of bermudagrass and bunch grasses as feedstock for conversion to ethanol. Applied Biochemistry and Biotechnology, 145: 13-21.

-Chang, M., 2007. Harnessing energy from plant biomass. Current Opinion Chemical Biology, 11: 677-684.

-Ashraf, T., Fang, C., Bochenski, T. and Alassali, A., 2016. Estimation of bioenergy potential for local biomass in the United Arab Emirates. Emirates Journal of Food and Agriculture, 28 (2): 99-106.

-Ghasemi, M., Arzani, H. and Zandi Esfahan, E., 2014. Potential for multiple uses of halophyte and salt-tolerant plant species in saline soils of Yazd province. PhD thesis of Natural Resources, Islamic Azad University (Unit of Science and Research), Tehran, Iran, 78 p.

-Gomez, L., Steele-King C. and Mc Queen-Mason, S., 2008. Sustainable liquid biofuels from biomass: the writing's on the walls. New Phytol, 178: 473-785.

-Hallac, B., Sannigrahi, P., Pu, Y., Ray, M., Murphy, R. and Ragavskas, A., 2009. Biomass characterization of Buddleja davidii: a potential feedstock for biofuel production. Journal of Agricultural Food Chemistry, 57: 1275-1281.

-Nodeh, A. A. and Sahab, H., 2017. Green fuel production from saffron waste by dilute acid hydrolysis. Saffron Agronomy & Technology, 5 (3): 241-253.

-Smichi, N., Messaoudi, Y., Ksouri, R., Abdelly, C. and Mohamed, G., 2014. Pretreatment and enzymatic saccharification of new phytoresource for bioethanol production from halophyte species. Renewable Energy, 63: 549-544.

-Shafiee, S. and Topal, S., 2009. When will fossil fuel reserves be diminished? Energy Policy, 37: 181-189.

-Shao, Q., Chundawat, S., Krishnan, C., Bals, B., Sousa, L. and Thelan, K., 2010. Enzymatic digestibility and ethanol fermentability of AFEX-treated starch-rich lignocellulosics such as corn silage and whole corn plant. Biotechnol Biofuels, 3:12.

-Tawfik, M., Haggag, W. F., Gobarah, M. E. and Habbasha, S. F., 2015. Determination of nutritional value and lignocellulosic biomass of six halophytic plants grown under saline irrigation in South Sinai. International Journal of Chem.Tech. Research, 8 (9): 37-42.

-Yuan, J. S., Tiller, K. H., Al-Ahmad, H., Stewart, N. R. and Stewart, C. N., 2008. Plants to power: bioenergy to fuel the future. Trends of Plant Science, 13: 421-429.

-Zandi Esfahan, E., 2014. The plan of comparison of biomass, structural and non-structural carbohydrates in halophytes and salt tolerant species in order to evaluate the potential of ligno-cellulosic biomass for ethanol production. Research Institute of Forests and Rangelands. 25 p.

Investigation of ethanol production potential of five saline species in different phenological stages in Hormozgan province

M. A. Soltanipoor [1] and E. Zandi Esfahan [2*]

1- Assistant Professor, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hormozgan, Iran
2*****- Corresponding author, Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: Zandi@rifr-ac.ir

Received: 03/18/2019 Accepted: 09/16/2019

Abstract

Utilization of saline lands with the aim of producing lignocellulosic biomass, which has no nutritional value and can be converted to ethanol and at the same time has no effect on human food production, seems necessary. Halophytes and salt-tolerant plants that produce high biomass using saline resources (saline water and soil) can be considered as an important alternative in this regard. For this purpose, this study with the aim of investigation of ethanol producing potential of five species of *Auluropus lagopoides*, *Atriplex leucoclada*, *Desmostachya bipinata*, *Halopyrum mucronatum* and *Halocnemum strobilaceum* was conducted in Hormozgan province in 2016. Plant samples were collected at three phenological (vegetative, flowering and seeding) stages from two saline lands in Zaminsang and Sirik, Hormozgan province and three parameters of lignin, hemicellulose and cellulose were measured. Data analysis of variance was performed as a factorial experiment based on the completely randomized design with three replications and comparison of means with Duncan's multiple range test in SPSS-14 software. The results showed that *Halopyrum mucronatum* had the potential to produce ethanol in all three vegetative stages. *Halocnemum strobilaceum* had the potential for ethanol production only at the vegetative growth stage and *Aeluropus lagopoides* and *Desmostachya bipinata* had the potential for ethanol production only at the seed ripening stage.

Keywords: Ethanol, halophyte, phenological stage, Hormozgan province.