تعیین ارزش غذایی، تولید گاز و تجزیه‌پذیری گیاهان شورزیست سالیکورنیا (*Salicornia europaea*)، کاکل (*Suaeda aegyptiaca*) و گتک (*Halocnemum strobilaceum*) در گوسفند

- **محمدهادی صادقی***: بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشارزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران
- **محسن ساری**: گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
- **طاهره محمدآبادی**: گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
- **مرتضی رضایی**: بخش تغذیه، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۸

چکیده

ارزش غذایی گیاهان شورزیست سالیکورنیا (*Salicornia europaea*)، گتک (*Halocnemum strobilaceum*) و کاکل یا سیاه‌شور مصری (*Suaeda aegyptiaca*) با تعیین ترکیب شیمیایی، تولید گاز به روش آزمایشگاهی و تجزیه پذیری شکمبه‌ای با استفاده از ۳ راس گوسفند نر فیستولاگذاری شده ارزیابی شد. نتایج آزمایش نشان داد که میزان پروتئین گتک، کاکل و سالیکورنیا به‌ترتیب ۱۲/۸، ۹/۵۵ و ۵/۸۸ درصد، بود. بالاترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در کاکل (۴۰/۱ درصد و ۲۷/۶ درصد) مشاهده شد. سالیکورنیا بالاترین میزان سدیم (۴/۶۷ درصد) را داشت. مقدار بیش‌تری سرب درگتک (۴/۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) در مقایسه با سالیکورنیا و کاکل مشاهده شد. میزان کادمیوم گتک (۲/۵۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش‌تر از کاکل و سالیکورنیا بود. مقدار تانن در سالیکورنیا (۰/۶۴ درصد) بیش از گتک (۰/۲۷ درصد) و کاکل (۰/۱۲ درصد) بود. گیاه کاکل نسبت به گتک و سالیکورنیا تولید گاز تجمعی بالاتری داشت. میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در بین گیاهان مورد مطالعه از ۰/۳۲ تا ۰/۴۵ میلی‌مول بود که کم‌ترین مقدار مربوط به گتک و بیش‌ترین مقدار مربوط به کاکل بود (P<۰/۰۰۰۱). بخش سریع تجزیه ماده‌خشک در گیاه سالیکورنیا بیش‌ترین (۳۸/۲ درصد) و در کاکل کم‌ترین (۲۶/۸ درصد) مقدار را داشت (P<۰/۰۰۰۱). بخش کند تجزیه ماده‌خشک در گیاه کاکل (۲۲/۵ درصد) بیش‌تر از سالیکورنیا (۱۵/۱ درصد) و گتک (۱۳/۹ درصد) بود (P<۰/۰۰۱). کم‌ترین میزان تجزیه‌پذیری پروتئین مربوط به گتک بود (P<۰/۰۵). در کل نتایج آزمایش نشان داد که این گیاهان می‌توانند به‌عنوان منابع خوراکی برای نشخوارکنندگان در مناطق با اراضی شور و سواحل دریا مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: ارزش غذایی، تولید گاز، سالیکورنیا، کاکل، گتک، گیاهان شورزیست

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mhsadeghi46@gmail.com

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

مقدمه

ایران در رده پنجم جهان و سوم آسیا از نظر وسعت زمین‌های شور است. تامین علوفه در شرایط خشک‌سالی‌های طولانی مدت نیز از چالش‌های کشور می‌باشد(خورسندی و همکاران، ۱۳۸۹).مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین موارد استفاده ازگیاهان شورزیست در مناطق خشک، کم آب و شور جهان، تولید علوفه برای تغذیه دام است (Glenn و همکاران، ۱۹۹۸). گیاهان شورزیست بیش از ۳۴۵ گونه از گیاهان ایران را تشکیل می‌دهند و بیشتر آن‌ها متعلق به خانواده اسفناجیان هستند (Rezvani Moghaddam و Koocheki، ۲۰۰۴). گیاهان شور زیست با شرایط رویشگاه‌های طبیعی شور سازگار شده‌اند و از طریق یکی از فرایندهای کاهش ورود نمک به گیاه و یا کاهش غلظت نمک در سیتوپلاسم، عملکردی پایدار و اقتصادی دارند (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۵). این گیاهان در شرایط شور از طریق دو فرایند اجتناب از شوری و تحمل شوری به‌خوبی رشد می‌کنند (Mishra و Tanna، ۲۰۱۷). گیاهان شورزیست نسبت به گیاهان زراعی حساس به شوری یا حتی مقاوم به شوری، عملکرد بهتری دارند. بنابراین، این گیاهان می‌توانند جایگزینی برای گیاهان زراعی معمول در بسیاری از کشورهای درحال توسعه و ازجمله ایران که دارای سطح گسترده‌ای از زمین‌های خشک و نیمه‌خشک شور یا در معرض شوری است، به‌شمار آیند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). گیاهان شورزیست جنس سالیکورنیا، گتک یا کاکل (سیاه‌شور مصری) از اعضای این خانواده هستند. سالیکورنیا گیاهی است با ساقه گوشتی بند بند و بدون برگ که دارای گونه‌های مختلفی می‌باشد (Kadereit و همکاران، ۲۰۰۷). برخی از گونه‌های سالیکورنیا توان تولید دانه‌های روغنی و تولید علوفه را داشته و به‌همین دلیل پژوهش‌هایی در مورد کاشت و مصرف آن‌ها به‌عنوان گیاه علوفه‌ای در نقاط مختلف دنیا انجام شده است (Swingle و همکاران، ۱۹۹۶؛ Kraidees و همکاران، ۱۹۹۸). Tag El-Din (۲۰۱۲) گزارش داد که سالیکورنیا بیگلوی تحت آبیاری با آب دریا تا ۱۸ تن در هکتار زیست توده تولید می‌کند. گتک گیاهی چندساله اغلب بوته‌ای و به‌ندرت با انشعاب‌های بند بند و به‌رنگ سبز یا ارغوانی می‌باشد (اسدی، ۱۳۸۰). گتک می‌تواند حدود ۳۰۳۶ کیلوگرم در هکتار زیست توده در مرتع تولید کند (Ayyad و Ghareeb، ۱۹۸۲) که نشان دهندهٔ قابلیت بالای آن برای تولید علوفه می‌باشد. گتک در خاک‌های بسیار شور (تا شوری ۸۰ دسی‌زیمنس بر متر) می‌تواند رشد کند (Ozturk و همکاران، ۲۰۱۱). کاکل یا سیاه‌شور مصری گیاهی یک‌ساله یا به‌ندرت دوساله به ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر، بدون کرک و دارای رنگ سبز روشن، ارغوانی یا قرمز است (اسدی، ۱۳۸۰). کاکل مقاوم به شوری بوده و مشخص شده است که کاکل با آب‌های شور تا ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌خوبی رشدمی‌کند(Zakery-Asl و همکاران، ۲۰۱۴). گیاه سوئدا دیمورفستجیا (*Suaeda dimorphestegia*) که یک گونه سیاه شور است درمقایسه با گیاهان شورزیست آتریپلکس (*Atriplex*) و کوشیا (*Kochia*) و سالسولا (*Salsola*) در شرایط آبیاری با آب شور بیش از دو برابر (۱۱۸۵۰ کیلوگرم در هکتار) علوفه تولید کرد (Kafi و همکاران، ۲۰۱۰) که نشانه مقاومت بالای این جنس به شوری می‌باشد. پژوهش‌های اندکی در رابطه با ارزش غذایی این گیاهان صورت گرفته است. وجود مناطق وسیع خشک و شور در ایران از یک طرف و عدم وجود اطلاعات مورد نیاز درخصوص ارزش غذایی گیاهان شورزیست از سوی دیگر موجب شد تا ترکیب شیمیایی و سایر ویژگی‌های تغذیه‌ای سه گیاه شورزیست سالیکورنیا،کاکل و گتک به‌عنوان‌مقاوم‌ترین گیاهان‌شورزیست مراتع‌استان‌بوشهر‌مورد آزمایش قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تعیین ترکیب شیمیایی: گیاهان مورد مطالعه شامل سالیکورنیا (*Salicornia europaea*) از سواحل شهر بوشهر، کاکل (*aegyptiaca Suaeda*) و گتک (*Halocnemum strobilaceum*) از مراتع و شوره‌زارهای اطراف شهر برازجان در مرحله گل‌دهی جمع‌آوری شد و بلافاصله پس از برداشت از مرتع وزن نمونه برای تعیین ماده خشک مشخص شد. نمونه‌های برداشت شده که شامل برگ و ساقه بود از دو سوم انتهایی گیاه که احتمال تغذیه آن توسط دام زیاد بود، انتخاب شد (از طریق مشاهده دام در حال تغذیه از گیاه و تحقیق از دامداران محلی). نمونه‌های مربوط به هر گیاه خُرد و با هم مخلوط شده و به‌طور تصادفی نمونه‌هایی از آن برای انجام آزمایش‌های تعیین ترکیبات شیمیایی، تولید گاز و کیسه‌های نایلونی مورد استفاده قرار گرفت. میزان ماده‌خشک (DM)، پروتیین خام (CP)، خاکستر (Ash)، چربی خام(EE)،ماده آلی(OM)،نمونه‌های خوراک و مدفوع با استفاده از روش‌های استاندارد تجزیه تقریبی (AOAC، ۱۹۹۵) و مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) به‌روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) و مقدار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) مطابق روش Goering و Van Soest(۱۹۷۰)اندازه‌گیری شد.برای اندازه‌گیری مواد معدنی، نمونه‌های خوراک با اسید نیتریک و کلریدریک هضم شد و عناصر سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر،کلسیم به‌روش تیتراسیون، فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر و آهن، مس، روی و منگنز توسط دستگاه جذب اتمی تعیین شد.

اندازه‌گیری تولید گاز: جهت انجام آزمایش تولید گاز ابتدا از ۴ راس گوسفند که با جیره‌های بر پایه علوفه خوراک‌دهی

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

شده بودند، مایع شکمبه گرفته شد. مایع شکمبه قبل از وعده غذایی نوبت صبح جمع‌آوری و با عبور از پارچه متقال ۴ لایه صاف شده و بلافاصله در داخل فلاسک آب گرم با دمای ۳۹ درجه قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل‌شد. مقدار ۵۰۰ میلی‌گرم ماده خشک از هر نمونه گیاه سالیکورنیا، کاکل و گتک (با ۵ تکرار) با ۴۰ میلی‌لیتر مخلوط بافر مطابق با روش Menke و Steingass (۱۹۸۸) و مایع شکمبه (نسبت ۲ به ۱) در بطری‌های شیشه‌ای ریخته شد و درب آن‌ها با استفاده از درپوش لاستیکی و پوشش آلومینیومی کاملاً بسته و در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹۶ ساعت انکوباسیون شدند. فشار گاز در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از انکوباسیون با استفاده از دستگاه فشارسنج اندازه‌گیری و حجم گاز تولیدی در هر زمان از رابطه Theodorou و همکاران (۱۹۹۴) به‌دست آمد. فراسنجه‌های b و c با روش حداقل مربعات تکراری با استفاده از رویه NLIN نرم‌افزار SAS (۲۰۰۹) به‌دست آمد. برای تخمین قابلیت هضم ماده آلی(OMD)و انرژی قابل متابولیسم (ME) از فرمول‌های Menke و Steingass (۱۹۸۸) به‌شرح زیر:

$ME\ (MJ/kg\ DM) = ۲/۲+ ۰/۱۳۶\ GP + ۰/۰۵۷\ CP + ۰/۰۰۲۹\ CF^{۲}$

$OMD(g/100gDM) = ۱۴/۸۸+۰/۸۸۹\times GP+۰/۴۵\times CP+۰/۰۶۵۱\times XA$

استفاده شد و میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر نیز با استفاده از رابطه Makkar (۲۰۰۵) به‌دست آمد:

$SCFA\ (m\ mol/۲۰۰mg\ DM) = ۰/۰۲۲۲GP- ۰/۰۰۴۲۵$

در این معادلات GP تولید گاز مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم نمونهٔ خوراک پس از ۲۴ ساعت، CP مقدار پروتئین خام (گرم به‌ازای ۱۰۰ گرم ماده خشک)، XA مقدار خاکستر (گرم به‌ازای ۱۰۰ گرم ماده خشک) و CF چربی خام (گرم به‌ازای ۱۰۰ گرم ماده خشک) بود.

عامل تفکیک (PF) بیان کننده نسبت تجزیه واقعی سوبسترا به حجم گاز تولیدی در دوره‌های زمانی انکوباسیون یا به‌عبارتی نسبت میلی‌گرم موادحقیقی هضم‌شده بر میلی‌لیتر حجم گاز خالص تولیدی (GP)می‌باشد(Blummel و همکاران، ۱۹۹۷).جهت برآورد این عامل، پس از پایان انکوباسیون ساعت ۲۴، محتوای ویال‌ها به‌طور کامل در ارلن ریخته شد و با ۲۰ میلی‌لیتر محلول شوینده خنثی مخلوط و به‌مدت ۱ ساعت جوشانده شد. سپس نمونه‌ها صاف شده و باقی‌مانده درون بوته‌های چینی با وزن خالی مشخص، ریخته شدند. برای تعیین ماده خشک، بوته‌های چینی به آون (دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۴ ساعت) منتقل شدند.. سپس بوته‌های چینی از آون خارج شده و پس از سرد شدن، توزین شدند. در ادامه برای تعیین خاکستر، بوته‌های حاوی باقی‌مانده به کوره الکتریکی (۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳/۵ ساعت) منتقل شدند. بعد از این زمان بوته‌ها به دسیکاتور منتقل و پس از سرد شدن به‌دقت وزن شدند. در نهایت برای محاسبه PF از رابطه ذیل استفاده گردید:

خاکستر - باقیمانده - مقدار اولیه = ماده آلی حقیقی هضم شده (میلی‌گرم)

$$PF = \frac{\text{میلی گرم ماده آلی حقیقی هضم شده}}{\text{میلی لیتر گاز تولید شده}}$$

از معادله پیشنهاد شده توسط Blummel و همکاران (۱۹۹۷) برای محاسبه توده میکروبی تولید شده، استفاده گردید:

= (BM) تولید توده میکروبی (میلی‌گرم)

(۲/۲ × حجم گاز خالص در ساعت ۲۴(میلی‌لیتر)) - ماده واقعی تجزیه شده

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای: برای اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری از کیسه‌هایی از جنس ابریشم مصنوعی با منافذ ۵۰ میکرومتر استفاده شده مقدار ۵ گرم نمونه آسیاب شده در کیسه‌ها ریخته شد و پس از خیس کردن در آب معمولی (زمان صفر)، در زمان‌های ۴، ۸، ۱۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در شکمبه ۳ راس گوسفند نر فیستوله‌دار قرار داده شد. کیسه‌های خارج شده از شکمبه پس از شستشو به‌مدت ۴۸ ساعت، در آون با درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. باقی‌مانده داخل کیسه‌ها جهت محاسبه بخش ناپدیدشده، ماده خشک و پروتئین خام مورد استفاده قرار گرفت. فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام در نمونه‌های مورد بررسی با استفاده از معادله پیشنهادی Orskov و همکاران (۱۹۷۹) ($P=a+b\ (1-e^{-ct})$) تعیین و تجزیه‌پذیری مؤثر نمونه‌ها با استفاده فرمول ($ED= a+(bc/c+k)$) با در نظر گرفتن نرخ خروجی ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۰۶ در ساعت محاسبه شد.

نتایج

ترکیب شیمیایی گیاهان: ترکیب شیمیایی سالیکورنیا، کاکل و گتک در جدول ۱ آمده است. بیش‌ترین میانگین ماده خشک مربوط به گتک با ۲۵/۹ درصد، و کم‌ترین آن مربوط به سالیکورنیا با ۱۸/۲ درصد بود. میزان پروتئین گتک ۱۲/۸ درصد بود که بیش‌تر از دو گیاه دیگر است و سالیکورنیا کم‌ترین پروتئین (۵/۸۸ درصد) را داشت. بالاترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در کاکل (۴۰/۱۱ و ۲۷/۶ درصد) و کم‌ترین آن در گتک (۲۸/۴ و ۱۲/۴ درصد) بود. چربی خام از ۲/۲ تا ۶/۳ درصد بین گیاهان مورد مطالعه متغیر بود و بالاترین چربی مربوط به گتک و کم‌ترین آن مربوط به کاکل بود. با توجه به بالا بودن نمک در گیاهان شورزیست، میزان سدیم در این گیاهان نیز بالا بود. سالیکورنیا با داشتن ۴/۶۷ درصد بالاترین میزان سدیم را داشت. میزان پتاسیم گتک (۰/۲۱درصد) کم‌تر از دو گیاه مورد مطالعه بود و سالیکورنیا ۰/۳۳ درصد و کاکل ۰/۲۶ درصد پتاسیم داشتند. میزان کلسیم

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

گیاهان سالیکورنیا، گتک و کاکل به‌ترتیب ۰/۸۸درصد، ۱/۸۷ درصد و ۲/۲۴ درصد بود. فسفر موجود در گیاه سالیکورنیا ۰/۲۴۵ درصد بود که بیش‌تر از فسفر موجود در گتک (۰/۲۳۴ درصد) و کاکل (۰/۲۲۴ درصد) است. میزان آهن موجود در گیاهان سالیکورنیا، گتک و کاکل به‌ترتیب ۱۱۹، ۶۰۰ و ۴۸۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. مس در کاکل (۱۲/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بالاتر از گتک (۸/۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و سالیکورنیا (۶/۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. سالیکورنیا مقدار روی کم‌تری (۱۱/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) نسبت به گتک و کاکل داشت اما بین گتک (۲۷/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کاکل (۲۷/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) تفاوت قابل توجهی مشاهده نشد. منگنز در گتک حدود ۵۱/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که بیش‌تر از سالیکورنیا (۲۳/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کاکل (۴۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. میزان سرب درگتک (۴/۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بیش‌تر از سالیکورنیا (۱/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کاکل (۱/۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم)بود. میزان کادمیوم درگیاهان موردمطالعه برای گتک ۲/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آمد که بیش‌تر از کاکل (۲/۰۶ میلی‌گرم‌در کیلوگرم)وسالیکورنیا (۰/۱۴میلی‌گرم در کیلوگرم) بود.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی گیاهان شورزیست

	گتک	کاکل	سالیکورنیا
ماده خشک (درصد در گیاه تازه)	۲۵/۹	۲۲/۸	۱۸/۲
پروتئین خام (درصد)	۱۲/۸	۹/۵۵	۵/۸۸
NDF (درصد)	۲۸/۴	۴۰/۱۱	۳۵/۰
ADF (درصد)	۱۲/۸	۲۷/۶	۱۴/۷
چربی خام (درصد)	۶/۳۰	۲/۴۰	۴/۳۳
خاکستر (درصد)	۳۶/۹	۲۱/۴	۳۹/۲
کلسیم (درصد)	۱/۸۷	۲/۲۴	۰/۸۸
فسفر (درصد)	۰/۲۳۴	۰/۲۲۴	۰/۲۴۵
سدیم (درصد)	۳/۳۸	۳/۱۶	۴/۶۷
پتاسیم (درصد)	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۲۶
آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۶۰۰	۴۸۸	۱۱۹
مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۸/۷۱	۱۲/۲	۶/۶۱
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲۷/۱	۲۷/۰	۱۱/۴
منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۵۷/۱	۴۰/۲	۲۳/۴
سرب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۴/۴۲	۱/۸۷	۱/۰۳
کادمیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲/۵۳	۲/۰۶	۰/۱۴
متابولیت‌های ثانویه (درصد در ماده خشک)			
مواد فنولیک	۱/۶۳	۱/۳۷	۱/۸۶
تانن	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۶۴

در این مطالعه تفاوتی از نظر میزان مواد فنولیک سالیکورنیا (۱/۸۶ درصد)، گتک (۱/۶۳) و کاکل (۱/۳۷) مشاهده نشد اما مقدار تانن در سالیکورنیا (۰/۶۴ درصد) بیش از گتک (۰/۲۷) و کاکل (۰/۱۲) بود.

تولید گاز تجمعی و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای: مقایسه میانگین‌های اثرات گیاهان شورزیست سالیکورنیا، گتک و کاکل بر تولید گاز تجمعی، پتانسیل و نرخ تولید گاز در جدول ۲ آمده است. اثر گیاهان شورزیست بر مقادیر تولید گاز تجمعی در طول دوره انکوباسیون (ساعت۲ تا ۹۶) معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۰۱). گیاه کاکل نسبت به گتک و سالیکورنیا تولید گاز تجمعی بیش‌تری داشت. گتک نسبت به سالیکورنیا تا ساعت ۸ گاز بیش‌تری تولید کرد اما پس از آن تا آخر انکوباسیون گاز کم‌تری تولید نمود. گیاهان شورزیست در این آزمایش پتانسیل تولید گاز یکسانی داشتند. نرخ تولید گاز گیاهان شورزیست سالیکورنیا، گتک و کاکل تفاوت معنی‌داری داشت (P<۰۰۰۱). نرخ تولید گاز کاکل (۰/۰۱۹ میلی‌لیتر در ساعت) بیش‌تر از سالیکورنیا (۰/۰۱۳ میلی‌لیتر در ساعت) و گتک (۰/۰۱۲ میلی‌لیتر در ساعت) بود. مقایسه میانگین‌های اثرات گیاهان شورزیست سالیکورنیا، گتک و کاکل بر فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای در جدول ۳ آمده است. انرژی قابل متابولیسم بین ۴/۸۸ تا ۵/۶۰ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک گونه‌های مورد مطالعه برآورد شد که کم‌ترین آن متعلق به گتک بود و کاکل نیز انرژی بالاتری نسبت به بقیه داشت. درصد گوارش‌پذیری ماده آلی بین ۳۱/۵ تا ۳۶/۴ بین گیاهان مورد مطالعه متغیر بود که بیش‌ترین آن مربوط به کاکل و کم‌ترین آن مربوط به گتک بود. عامل تفکیک در گیاه گتک و سالیکورنیا (۱۱/۰۵ و ۱۰/۰) نسبت به کاکل (۷/۹۱) بالاتر بود (P=۰/۰۰۰۵). میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در بین گیاهان مورد مطالعه از ۰/۳۲ تا ۰/۴۵ میلی‌مول بود که کم‌ترین مقدار مربوط به گتک و بیش‌ترین مقدار مربوط به کاکل بود (P<۰/۰۰۰۹).

تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین: مقایسه میانگین‌های مربوط به مقادیر درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک گیاهان شورزیست سالیکورنیا، گتک و کاکل در جدول ۴ نشان داده شده است. ناپدید شدن ماده خشک از کیسه‌های انکوباسیون شده در شکمبه، با افزایش زمان انکوباسیون افزایش یافت. بالاترین مقدار ناپدید شدن در زمان صفر، که نشان‌دهنده اجزای شیمیایی محلول در آب است، در گیاه سالیکورنیا مشاهده شد (P<۰/۰۰۰۱)، به‌طوری که حدود ۳۷/۶ درصد ماده خشک این گیاه در زمان صفر ناپدید شد. کاکل نیز با ۲۶/۸ درصد ماده خشک تجزیه شده در ساعت صفر کم‌ترین میزان تجزیه ماده خشک‌در بین گیاهان مورد مطالعه را داشت. در پایان دوره انکوباسیون کاکل که در زمان صفر کم‌ترین میزان تجزیه‌پذیری را نشان داد، مقدار

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

تجزیه‌پذیری بیش‌تری از گتک داشت اما سالیکورنیا در طول مدت انکوباسیون همواره میزان تجزیه‌پذیری بالاتری نسبت به دو گیاه دیگر نشان داد (P<۰/۰۰۰۱). از نظر تجزیه بخش سریع تجزیه (a)، بخش کند تجزیه(b)، پتانسیل تجزیه(a+b)وتجزیه‌پذیری موثر دیواره سلولی (ED) در علوفه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۰۲). ثابت نرخ تجزیه (c) تفاوتی بین گیاهان مطالعه حاضر نداشت (جدول ۴). بخش سریع تجزیه ماده خشک در گیاه سالیکورنیا بیش‌ترین (۳۸/۲ درصد) و در کاکل کم‌ترین (۲۶/۸ درصد) مقدار را داشت (P<۰/۰۰۰۱). بخش کند تجزیه ماده‌خشک در گیاه کاکل (۲۲/۵ درصد) بیش‌تر از سالیکورنیا (۱۵/۱ درصد) و گتک (۱۳/۹ درصد) بود (P<۰/۰۰۱). میانگین تجزیه پذیری مؤثر در این پژوهش برای نرخ‌های عبور ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۰۶ اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۰۴). تجزیه‌پذیری موثر بین سالیکورنیا و کاکل نیز رابطه منفی با میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی داشت. اما بین کاکل وگتک از این قاعده پیروی نکرد و با این‌که میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی گیاه کاکل بسیار بیش‌تر از گتک بود، میزان تجزیه‌پذیری موثر آن نیز بیش‌تر بود (P<۰/۰۰۴).

جدول ۲: تأثیرگیاهان شورزیست بر میانگین[1] تولید گاز تجمعی[2] و فراسنجه‌های تولید گاز

تیمار	ساعات انکوباسیون								فراسنجه‌ها[3]	
	۲	۴	۶	۸	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲	۹۶	پتانسیل تولید گاز	نرخ تولید گاز
سالیکورنیا	۰/۷۲^{c}	۲/۴۳^{c}	۸/۰۴^{c}	۱۷/۲^{b}	۳۳/۷^{b}	۴۰/۲^{b}	۵۳/۴^{b}	۵۹/۰^{b}	۶۴/۶^{b}	۴۳/۶	۰/۰۱۳^{b}
گتک	۴/۱۱^{b}	۸/۱۸^{b}	۱۳/۸^{b}	۲۰/۵^{b}	۲۹/۲^{b}	۳۵/۹^{c}	۴۶/۱^{c}	۵۵/۹^{b}	۵۸/۳^{c}	۴۴/۱	۰/۰۱۲^{b}
کاکل	۸/۹۲^{a}	۱۷/۹^{a}	۲۰/۱^{a}	۳۱/۲^{a}	۴۲/۵^{a}	۴۸/۳^{a}	۶۱/۸^{a}	۶۹/۶^{a}	۷۷/۴^{a}	۴۴/۸	۰/۰۱۹^{a}
SEM[4]	۰/۹۶	۱ /۷۹	۲/۶۵	۳/۴۳	۳/۹۵	۴/۰۰	۵/۱۹	۶/۱۴	۷/۴۷	۱/۸۶	۰/۰۰۳
سطح احتمال	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۳۰	۰/۰۰۰۱

۱- میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵). ۲- براساس میلی‌لیتر گاز تولیدی به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک نمونه
۳- پتانسیل تولید گاز براساس میلی‌لیتر و نرخ تولید گاز براساس میلی‌لیتر در ساعت. ۴- خطای استاندارد میانگین‌ها.

جدول ۳: تأثیر گیاهان شورزیست بر میانگین[1] فراسنجه‌های[2] تخمیر شکمبه‌ای

تیمار	ME (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)	TOMD (میلی‌گرم)	OMD (درصد)	PF (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	BM (میلی‌گرم)	EBM	SCFA (میلی‌مول)
سالیکورنیا	۴/۹۱^{b}	۱۶۳	۳۳/۳^{b}	۱۰/۰^{b}	۱۲۷	۴۴/۶^{a}	۰/۳۶^{b}
گتک	۴/۸۸^{b}	۱۶۵	۳۱/۵^{b}	۱۱/۵^{a}	۱۳۳	۵۲/۰^{a}	۰/۳۲^{b}
کاکل	۵/۶۰^{a}	۱۵۴	۳۶/۴^{a}	۷/۹۱^{c}	۱۱۱	۲۸/۸^{b}	۰/۴۵^{a}
SEM[3]	۰/۱۱	۳/۴۲	۰/۶۸	۰/۴۶	۳/۱۶	۲/۸۶	۰/۰۲
سطح احتمال	۰/۰۰۱	۰/۳۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۵۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۹

۱- میانگین‌های هر ستون با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵). ۲- برآورد فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای براساس ۲۰۰ میلی گرم ماده خشک نمونه، ME: انرژی متابولیسمی (مگاژول بر کیلوگرم ماده خشک)، TOMD: ماده آلی قابل هضم واقعی (میلی‌گرم)، OMD: ماده الی قابل هضم (درصد). PF: عامل تفکیک (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر). BM: توده میکروبی تولیده شده (میلی‌گرم). EBM: بازده توده میکروبی تولید شده. SCFA: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (میلی‌مول). ۳- خطای استاندارد میانگین‌ها.

مقایسه میانگین‌های مربوط به مقادیر درصد تجزیه‌پذیری پروتئین گیاهان شورزیست سالیکورنیا، گتک و سیاه‌شور مصری در جدول ۵ نشان داده شده است. ناپدید شدن پروتئین از کیسه‌های انکوباسیون شده در شکمبه، با افزایش زمان انکوباسیون افزایش یافت (P<۰/۰۵). بالاترین مقدار ناپدید شدن پروتئین در زمان صفر در گیاه سالیکورنیا مشاهده شد (P=۰/۰۰۹)، به‌طوری‌که حدود ۷۶/۲ درصد پروتئین این گیاه در زمان صفر ناپدید شد. گتک نیز با ۴۸/۱ درصد پروتئین تجزیه شده در ساعت صفر کم‌ترین میزان تجزیه پروتئین در بین گیاهان مورد مطالعه را داشت. سالیکورنیا در طول مدت انکوباسیون (به‌جز ساعت ۹۶ که این اختلاف معنی‌دار نبود) همواره میزان تجزیه‌پذیری پروتئین بالاتری نسبت به دو گیاه دیگر نشان داد (P<۰/۰۵). بخش سریع تجزیه پروتئین در گیاه سالیکورنیا بیش‌ترین (۷۶/۷ درصد) و در کاکل کم‌ترین (۵۳/۸ درصد) مقدار را داشت (P<۰/۰۰۰۱). بخش کند تجزیه پروتئین در گیاه کاکل (۲۸/۷ درصد) بیش‌تر از گتک (۲۵/۶ درصد) و سالیکورنیا (۷/۸ درصد) بود (P=۰/۰۰۱).

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

جدول۴: ضرایب[1] تجزیه‌پذیری ماده خشک گیاهان شورزیست (درصد)

زمان انکوباسیون	گیاهان			SEM[2]	سطح معنی‌داری
	گتک	کاکل	سالیکورنیا		
۰	۳۰/۶ b	۲۶/۸ c	۳۷/۶ a	۱/۵۸	۰/۰۰۰۱
۴	۳۲/۴ b	۳۱/۳b	۴۲/۰ a	۱/۷۶	۰/۰۰۰۳
۸	۳۷/۶ b	۳۸/۶b	۴۵/۲ a	۱/۴۴	۰/۰۳۴
۱۶	۴۰/۶	۴۲/۸	۴۷/۰	۱/۳۵	۰/۱۴
۲۴	۴۲/۸ b	۴۵/۷ ab	۴۹/۰ a	۱/۰۸	۰/۰۳
۴۸	۴۳/۱ c	۴۷/۶b	۵۱/۵ a	۱/۲۸	۰/۰۰۱
۷۲	۴۳/۱ c	۴۸/۷ b	۵۲/۹ a	۱/۴۴	۰/۰۰۰۱
۹۶	۴۴/۲ c	۴۹/۳ b	۵۳/۱ a	۱/۳۲	۰/۰۰۰۱
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری[3]					
a	۲۹/۸b	۲۶/۴c	۳۸/۲a	۱/۷۸	۰/۰۰۰۱
b	۱۳/۹b	۲۲/۵a	۱۵/۱b	۱/۴۲	۰/۰۰۱
c	۰/۰۹۳	۰/۰۸۵	۰/۰۷۰	۰/۰۱۰	۰/۵۹
a+b	۴۳/۸c	۴۸/۹b	۵۳/۳a	۱/۴۰	۰/۰۰۲
ED (۰/۰۲)	۴۱/۲c	۴۴/۴b	۴۹/۳a	۱/۲۵	۰/۰۰۴
ED (۰/۰۴)	۳۹/۵b	۴۱/۵b	۴۷/۱a	۱/۲۵	۰/۰۰۴
ED (۰/۰۶)	۳۸/۲b	۳۹/۴b	۴۵/۷a	۱/۲۷	۰/۰۰۰۱

۱- میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵). ۲- خطای استاندارد میانگین‌ها. ۳- فراسنجه‌های تخمیر: a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: ثابت نرخ تجزیه، a+b: پتانسیل تجزیه، ED: تجزیه‌پذیری موثر.

جدول ۵: ضرایب[1] تجزیه‌پذیری پروتئین گیاهان شورزیست (درصد)

زمان انکوباسیون	گیاهان شورزیست			SEM[2]	سطح معنی‌داری
	گتک	کاکل	سالیکورنیا		
۰	۴۸/۱b	۵۴/۹b	۷۶/۲a	۱/۵۸	۰/۰۰۹
۴	۶۴/۵b	۵۹/۴c	۷۹/۵a	۴/۷۶	۰/۰۰۰۲
۸	۷۵/۳b	۶۹/۳c	۸۰/۹a	۱/۷۴	۰/۰۰۰۴
۱۶	۷۷/۴ ab	۷۵/۱ b	۸۱/۹ a	۱/۲۵	۰/۰۴۸
۲۴	۷۸/۴b	۸۰/۱b	۸۳/۲a	۰/۷۸	۰/۰۰۷
۴۸	۷۹/۱c	۸۱/۶b	۸۴/۰a	۰/۷۳	۰/۰۰۰۱
۷۲	۷۹/۳c	۸۲/۳b	۸۴/۳a	۰/۷۴	۰/۰۰۰۱
۹۶	۸۱/۴	۸۲/۵	۸۴/۵	۰/۶۹	۰/۱۸
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری[3]					
a	۵۴/۳b	۵۳/۸b	۷۶/۷a	۲/۸۶	۰/۰۰۰۱
b	۲۵/۶b	۲۸/۷a	۷/۸c	۲/۴۸	۰/۰۰۰۱
c	۰/۱۵۰a	۰/۰۸۲ b	۰/۰۸۴ b	۰/۰۱۰	۰/۰۰۴
a+b	۷۹/۹c	۸۲/۶b	۸۴/۵a	۰/۵۱۵	۰/۰۰۰۱
ED (۰/۰۲)	۷۶/۸b	۷۷/۰b	۸۲/۸a	۰/۷۵۵	۰/۰۰۰۱
ED (۰/۰۴)	۷۴/۴b	۷۳/۲c	۸۱/۸a	۱/۰۲	۰/۰۰۰۱
ED (۰/۰۶)	۷۲/۵b	۷۰/۵c	۸۱/۱a	۱/۲۳	۰/۰۰۰۱

۱- میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵). ۲- خطای استاندارد میانگین‌ها. ۳- فراسنجه‌های تخمیر: a: بخش سریع تجزیه، b: بخش کند تجزیه، c: ثابت نرخ تجزیه، a+b: پتانسیل تجزیه، ED: تجزیه‌پذیری موثر.

بحث

ترکیب شیمیایی گیاهان: Laudadio (۲۰۰۹) ماده خشک *سالیکورنیا پرسیکا* (*Salicornia persica*) را ۱۴ درصد گزارش کرد، هم‌چنین Attia-Ismail (۲۰۱۵) نشان داد که ماده خشک گتک و کاکل به‌ترتیب ۲۸/۶ و ۳۰/۹ است که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد. کافی و همکاران (۱۳۸۹) میزان پروتئین را برای ۱۲ گونه شور زیست بین ۸/۲ تا ۱۹/۲ درصد به‌دست آوردند. باشتینی و توکلی

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

(۱۳۸۱) میزان پروتئین ۵ گونه شورپسند را بین ۶/۲ تا ۱۱/۶۳ درصد گزارش کردند هم‌چنین یوسف‌الهی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه ۵ گیاه شورزیست منطقه سیستان میزان پروتئین آن‌ها را بین ۶ تا ۱۱/۹۵ درصد اعلام کردند که با میزان پروتئین بدست آمده در این آزمایش مشابهت دارد. Laudadio (۲۰۰۹) میزان پروتئین *سالیکورنیا پرسیکا* را ۱۲/۶ درصد گزارش کرد و Attia-Ismail (۲۰۱۵) میزان پروتئین گتک و کاکل را به‌ترتیب ۶/۷۸ و ۱۱/۱ درصد به‌دست آورد. اختلاف بین میزان پروتئین اعلام شده از سوی این پژوهش‌گران و تحقیق حاضر، به نوع گونه گیاه، منطقه پرورش و مرحله رشد گیاه برمی‌گردد. ترکیبات شیمیایی گیاه به ترکیب خاک (Jackson، ۱۹۹۴) و مرحله رشد یا سن گیاه (Dzowela، ۱۹۹۵) نیز بستگی دارد. El Shaer (۲۰۱۰) میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی برگ گیاهان شورزیست را بین ۳۰ تا ۴۵ درصد و میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی را بین ۱۵ تا ۲۹ درصد اعلام کرد که مشابه با یافته‌های این تحقیق است. هم‌چنین مشخص شده است که با به بلوغ رسیدن گیاهان میزان ترکیبات فیبری آن‌ها افزایش می‌یابند اما در کل به‌نظر می‌رسد میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گیاهان شورزیست کم‌تر از سایر گیاهان مرتعی باشد. کافی و همکاران (۱۳۸۹) میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گیاهان مراتع استان سمنان را بین ۲۴/۶ تا ۴۶/۲ درصد و ۴۱/۱۴ و ۴۸/۹۴ درصد گزارش کردند که علت آن میزان بالای خاکستر در گیاهان شورزیست است که موجب کاهش ماده آلی می‌شود. میزان خاکستر گیاهان سالیکورنیا، گتک و کاکل به ترتیب ۳۹/۲، ۳۶/۹ و ۲۱/۴ درصد بود که نشان دهنده بالا بودن میزان خاکستر در این گیاهان شورزیست است. شوری بالای خاک و جذب کاتیون‌ها و تجمع عناصر معدنی می‌تواند علت بالا بودن خاکستر در گیاهان شورزیست باشد (Masters و همکاران، ۲۰۰۷). میزان چربی در آزمایش باشتینی و توکلی (۱۳۸۱) برای پنج گونه شورپسند مناطق کویری از ۴/۲ تا ۶/۸ درصد به‌دست آمد. Zakery-Asl و همکاران (۲۰۱۴) نیز میزان چربی گتک را ۶/۲ گزارش کرد که با یافته این پژوهش هماهنگ است. El-Tantawy (۲۰۱۸) میزان چربی کاکل در کویت را ۲/۲ درصد گزارش کرد که با یافته آزمایش حاضر مشابه است. Imai و همکاران (۲۰۰۴) میزان چربی خام سالیکورنیا را ۴/۹ به‌دست آوردند که با میزان چربی گزارش شده در این پژوهش برای سالیکورنیا هماهنگ است. با توجه به بالا بودن نمک در گیاهان شورزیست، میزان سدیم در این گیاهان نیز بالا بود. سالیکورنیا بالاترین میزان سدیم را داشت که با توجه به رویش این گیاه در ساحل دریا و استفاده از آب دریا برای رشد، این میزان سدیم قابل انتظار بود. Yasseen و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه گونه‌های شورزیست قطر میزان سدیم در سالیکورنیا، گتک و کاکل را ۴/۵، ۶/۳ و ۶/۰ درصد گزارش کرد که در نمونه سالیکورنیا مشابه این آزمایش بود اما در دو گیاه دیگر بالاتر است. علت آن می‌تواند به شوری خاک محل رویش برگردد زیرا در حاشیه خلیج فارس که سالیکورنیا در آن رشد می‌کند شوری آب دریا تقریباً یکسان است اما میزان نمک اراضی شور بسیار متغیر است. سطح پتاسیم گزارش شده توسط Yasseen و همکاران (۲۰۱۰) در این گیاهان بالاتر از مقادیر آزمایش حاضر بود. آن‌ها میزان پتاسیم را برای گیاهان سالیکورنیا، گتک و کاکل به‌ترتیب ۰/۵۳درصد، ۰/۵۶ درصد و ۰/۶۸ درصد اعلام کردند. علت این اختلاف می‌تواند در نحوه نمونه‌برداری از گیاه و خاک محل رویش آن‌ها باشد. Kraidees و همکاران (۱۹۹۸) میزان کلسیم سالیکورنیا را ۰/۶۳ درصد در خوشه و ۱/۰۱ درصد در ساقه گزارش کردند که با توجه به این‌که گیاه نمونه‌برداری شده این تحقیق، خوشه و بخشی از ساقه را شامل می‌شد. مقدار کلسیم سالیکورنیای مورد مطالعه آزمایش حاضر مشابه گزارش این محققین می‌باشد. ابرغانی و همکاران (۱۳۹۴) با مطالعه گیاهان سیاه شور ، اشنان و سلمکی میزان کلسیم آن‌ها را بین ۱/۵۴ تا ۲ درصد گزارش کردند که میزان کلسیم سیاه‌شور در مطالعه آن‌ها با کاکل (سیاه‌شورمصری) در گزارش حاضر هماهنگ است. شریفی‌راد و همکاران (۱۳۹۵) میزان کلسیم گتک در استان گلستان را ۱/۱۶۳ درصد گزارش کردند. ابرغانی میزان فسفر سیاه‌شور را ۰/۱۸ به‌دست آورد که میزان فسفر کاکل (سیاه‌شورمصری) با آن اختلاف چندانی ندارد هم‌چنین میزان فسفر گیاهان شورزیست در مطالعات انجام شده توسط پژوهشگران مختلف را بین ۰/۰۷ تا ۰/۷ درصد گزارش کردند (Attia-Ismail، ۲۰۰۸؛ رزاقی و همکاران، ۱۳۹۴) که مقادیر فسفر گیاهان این تحقیق در همین دامنه قرار دارد.

میزان آهن گتک بالاتر از کاکل و سالیکورنیا بود. Yasseen و همکاران (۲۰۱۰) میزان آهن موجود در سالیکورنیا، گتک و کاکل در کشور قطر را به‌ترتیب ۱۶۲، ۱۰۰ و ۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند. Milic و همکاران (۲۰۱۲) نیز میزان آهن موجود در ساقه سالیکورنیا و گونه‌ای کاکل در کشور صربستان را به‌ترتیب ۴۹۸ تا ۵۲۴ و ۱۴۸ تا ۹۱۰ گزارش کردند که اختلاف زیاد بین میزان آهن گزارش شده را نشان می‌دهد. Milic و همکاران (۲۰۱۲) نیز میزان مس موجود در ساقه سالیکورنیا و گونه‌ای کاکل در کشور صربستان را به‌ترتیب ۴/۲ و ۱۴/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند که اختلاف کمی با مقادیر مس در این دو گیاه در مطالعه حاضر دارد. Yasseen و همکاران (۲۰۱۰) مقدار مس در گتک را ۲۸/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند که بسیار بالاتر از مقدار گزارش شده در این پژوهش است. خاک، محل نمونه‌برداری و مرحله رشد در این

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

اختلافات تأثیر زیادی دارد. Milic و همکاران (۲۰۱۲) میزان روی گیاه سالیکورنیا را ۱۷/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و نوعی کاکل را ۲۰/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند. شریفی‌راد و همکاران (۱۳۹۵) مقدار روی گتک را (۲۵/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) به‌دست آوردند که نزدیک به داده‌های مطالعه حاضر است و اختلاف موجود به شرایط منطقه مورد پرورش برمی‌گردد. Milic و همکاران (۲۰۱۲) میزان منگنز سالیکورنیا را ۳۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و کاکل را ۳۷/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند. شریفی‌راد و همکاران (۱۳۹۵) میزان منگنز در گیاه گتک را ۳۱/۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌دست آوردند. حداکثر غلظت مجاز سرب در گیاه برای مصرف انسان ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (ترابیان و مهجوری، ۱۳۸۱). البته اگر غلظت سرب در گیاه ۳۰۰-۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد، می‌توان آن گیاه را آلوده به عنصر سرب در نظر گرفت (Alloway، ۱۹۹۰) بنابراین میزان سرب در گیاهان مورد مطالعه پایین‌تر از حد مجاز بود. لازم به ذکر است کـه تجمع بیش از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم در گیاه برای مصرف توسط انسان زیان‌آور اسـت (ترابیان و مهجوری، ۱۳۸۱). هم‌چنین اگر غلظت کادمیوم در گیاه ۳۰-۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم باشد،می‌توان آن گیاه را آلوده به عنصر کادمیوم درنظر گرفت (Alloway، ۱۹۹۰). بنابراین در این مرحله از رشد استفاده از گتک و کاکل برای انسان مجاز نیست. لازم به ذکر است که کاکل در زمانی که خیلی جوان است به‌عنوان سبزی توسط انسان استفاده می‌شود که باید دقت داشت سطح کادمیوم آن بیش از حد مجاز نباشد. در این مطالعه تفاوتی از نظر میزان مواد فنولیک بین گیاهان مشاهده نشد اما مقدار تانن در سالیکورنیا بیش از گتک و کاکل بود. این میزان تانن محدودیتی برای دام ایجاد نمی‌کند و حتی می‌تواند با باند شدن با پروتئین و افزایش پروتئین عبوری برای دام‌ها مفید باشد. گیاه کاکل نسبت به گتک و سالیکورنیا تانن کم‌تری داشت.

تولید گاز تجمعی و فراسنجه‌های تخمیر شکمبه‌ای: تانن‌ها می‌توانند از طریق باند شدن با پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها به‌وسیله پیوندهای هیدروفوبی و هیدروژنی و هم‌چنین تاثیر بر میکروارگانیسم‌های شکمبه (Mcsweeny و همکاران، ۲۰۰۱) میـزان تولید گاز را کـاهش دهـد. گتک کربوهیدرات‌های ساختمانی کم‌تری نسبت به سالیکورنیا دارد و به همین خاطر گاز کم‌تری تولید کرده است زیرا بخش مهمی از گازهای شکمبه را متان تشکیل می‌دهد که به‌طور عمده حاصل تجزیه کربوهیدرات‌های ساختمانی است (Tavendale و همکاران، ۲۰۰۵). حسینی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی ۵ گونه شورزیست در استان سیستان رابطه منفی بین خاکستر و میزان انرژی قابل متابولیسم را گزارش کردند. در آزمایش حاضر نیز کاکل با کم‌ترین خاکستر (۲۱/۴) نسبت به سالیکورنیا و گتک (به‌ترتیب ۴۲/۳ و ۳۶/۹) بیش‌ترین مقدار انرژی متابولیسمی را داشت اما نمی‌توان آن‌را به‌عنوان تنها عامل در نظر گرفت زیرا گتک با خاکستر کم‌تر نسبت به سالیکورنیا انرژی کم‌تری داشت و به‌نظر می‌رسد دلیل آن تولید گاز بیش‌تر سالیکورنیا نسبت به گتک به‌دلیل داشتن کربوهیدرات ساختمانی بالاتر باشد. El Shaer (۲۰۱۰) بیان داشت که قابلیت هضم علوفه شورزیست بر پایه ماده خشک یا ماده آلی تنوع زیادی بین گونه‌های مختلف دارد. این تنوع ممکن است ناشی از اختلاف در سن و وضعیت فیزیولوژیک گیاه زمان برداشت باشد اما گیاهان آزمایش حاضر تقریباً در یک وضعیت فیزیولوژیک (گل‌دهی) جمع‌آوری شدند، بنابراین احتمال این‌که این عامل تأثیرگذار باشد اندک است. گوارش‌پذیری رابطه مستقیمی با گاز تولیدی و میزان خاکستر دارد (Menke و Steingass، ۱۹۸۸). در مطالعه حاضر عامل تفکیک از محدوده بیان شده (۲/۷۵ تا ۴/۴۱) توسط Blummel و همکاران (۱۹۹۷) بالاتر است. ابرغانی و همکاران (۱۳۹۴) عامل تفکیک سلمکی ساقه سفید، اشنان و کاکل را به‌ترتیب ۱۳/۹۷، ۱۰/۴ و ۱۰/۴ گزارش کردند، هم‌چنین Zakery-Asl و همکاران (۲۰۱۴) عامل تفکیک برگ اکاسیا را ۶/۱ به‌دست آوردند که از محدوده تعیین شده توسط Blummel و همکاران (۱۹۹۷) همانند نتایج آزمایش حاضر بالاتر است. تانن می‌تواند علت این تفاوت باشد زیرا تانن از طریق باند شدن با مواد مغذی تولید گاز را کاهش داده و در نتیجه عامل تفکیک بزرگ‌تر می‌شود، در این گیاهان نیز تانن در سالیکورنیا و گتک بالاتر از کاکل بود. گتک نسبت به سالیکورنیا عامل تفکیک بالاتری داشت که علت آن تولید گاز کم‌تر در گتک بود. مطابق با نظر Blummel و همکاران (۱۹۹۷) افزایش عامل تفکیک نشان دهنده بهبود بازده تخمیر و تولید پروتئین میکروبی است. هر چه مقدار عامل تفکیک پایین‌تر باشد، حاکی از این است که ماده آلی تجزیه شده بیش‌تر در جهت تولید اسیدهای چرب فرار مصرف شده است تا تولید توده میکروبی (Blummel و همکاران، ۱۹۹۷). یک اصل پذیرفته شده در تغذیه نشخوارکنندگان، حداکثر نمودن تولید پروتئین میکروبی از خوراک تخمیر شده در شکمبه می‌باشد. به گونه‌ای که با افزایش بازدهی پروتئین میکروبی، پروتئین عبوری از شکمبه به روده باریک افزایش یافته و در مقابل اتلاف کربن خوراک در قالب گازهای تخمیری کاهش یابد (Anele و همکاران، ۲۰۱۱). در مطالعه حاضر بازدهی تولید پروتئین میکروبی در محدوده ۲۸/۸ تا ۵۲/۰ میلی‌گرم متغییر بود و هماهنگ با نتایج مطالعه حاضر، سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل (CNCP) نیز نشان دادند که حداکثر بازدهی تبدیل خوراک تخمیر شده به توده میکروبی در صورت عدم حضور پروتوزوآ ۵۰ درصد و در صورت وجود پروتوزوآ در حدود ۴۰ درصد می‌باشد (Russell و همکاران، ۱۹۹۲)، بنابراین وجود

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

بازدهی پروتئین بیش از ۴۰ درصد در گتک و سالیکورنیا می‌تواند به وجود ساپونین در این گیاهان برگردد زیرا ساپونین در گیاهان شور زیست موجب کاهش جمعیت یا از بین رفتن پروتوزوآهای شکمبه می‌شود (Lila و همکاران، ۲۰۰۳). میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در بین گیاهان مورد مطالعه از ۰/۳۲ تا ۰/۴۵ میلی‌مول بود و نتایج حاضر با میزان کربوهیدرات ساختمانی این گیاهان هم‌خوانی دارد. Getachew و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و گازهای تولید شده (به‌طور عمده متان و دی‌اکسید کربن) حاصل تخمیر کربوهیدرات‌ها هستند و چربی‌ها و پروتئین نقش اندکی در تولید مواد حاصل از تخمیر دارند. هم‌چنین مشخص شده است منشأ اصلی گاز تولیدی ناشی از تبدیل کربوهیدرات‌ها به استات، پروپیونات و بوتیرات می‌باشد که در این میان، تبدیل کربوهیدرات به استات و بوتیرات نقش مهم‌تری در میزان گاز تولیدی دارد (Blummel و Orskov، ۱۹۹۳).

تجزیه‌پذیری ماده‌خشک و پروتئین: بخش سریع تجزیه ماده خشک در این پژوهش در گیاه سالیکورنیا بیش‌ترین و در کاکل کم‌ترین مقدار را داشت. ابرغانی و همکاران (۱۳۹۴) میزان بخش سریع تجزیه ماده‌خشک در گیاه کاکل را ۲۸/۶ درصد به‌دست آورد که بیش‌تر از کاکل بود. Ishikawa و همکاران (۲۰۰۲) تجزیه‌پذیری ساعت صفر *سالیکورنیا هرباسا* (*Salicornia herbacea*) را ۴۳/۸ درصد گزارش کردند که از تجزیه‌پذیری سالیکورنیا در این مطالعه بیش‌تر است. Hoffman و همکاران (۱۹۹۳) اختلاف در بخش سریع تجزیه ماده خشک یک گیاه را به مرحله برداشت گیاه (مراحل مختلف رشد) نسبت می‌دهند. هم‌چنین این محققین بیان کردند علوفه‌هایی که دارای عناصر معدنی بیش‌تری هستند، از ماده خشک محلول بیش‌تری برخوردارند. بنابراین اختلاف موجود بین گیاهان این مطالعه و دیگر محققین به این دو عامل ذکر شده برمی‌گردد. در مطالعه حاضر، تمام گیاهان در مرحله گل‌دهی برداشت شده‌اند، بنابراین میزان خاکستر می‌تواند عامل تعیین کننده‌ای باشد زیرا سالیکورنیا با بالاترین مقدار خاکستر بیش‌ترین میزان تجزیه در زمان صفر را داشت و کاکل با پایین‌ترین میزان خاکستر کم‌ترین میزان تجزیه را نشان داد. ابرغانی و همکاران (۱۳۹۴) میزان بخش کند تجزیه ماده خشک در گیاه کاکل را ۳۵/۷ درصد به‌دست آورند که بیش‌تر از کاکل بود. Ishikawa و همکاران (۲۰۰۲) تجزیه‌پذیری ساعت ۷۲ *سالیکورنیا هرباتا* را ۶۲/۰ درصد گزارش کردند که از تجزیه‌پذیری *سالیکورنیا اروپا* در ساعت ۷۲ این مطالعه (۵۲/۹ درصد) بیش‌تر است. ریاسی و همکاران (۱۳۸۴) بخش کند تجزیه گیاه شورزیست آتریپلکس را ۲۷ درصد برآورد کردند. رزاقی و همکاران (۱۳۹۴) بخش کند تجزیه گیاهان شورزیست آلوروپوس، سالسولا و آتریپلکس را ۳۰/۹، ۲۰/۷ و ۲۳/۳ درصد گزارش کرد. مشخص شده است که بخش کند تجزیه بادیواره سلولی گیاه همبستگی معنی‌داری دارد. این تحقیق نیز این موضوع را تأیید می‌کند زیرا میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی کاکل بیش از سالیکورنیا و در سالیکورنیا بیش از گتک بود و میزان بخش کند تجزیه نیز در کاکل بیش از سالیکورنیا و در سالیکورنیا بیش از گتک است. میانگین تجزیه‌پذیری مؤثر در تمام نرخ‌های عبور در سالیکورنیا بالاتر از کاکل و گتک بود. Hoffman و همکاران (۱۹۹۳) رابطه منفی بین تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک با دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز را گزارش کردند. تجزیه‌پذیری موثر بین سالیکورنیا و کاکل نیز رابطه منفی با میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی داشت. اما بین کاکل و گتک از این قاعده پیروی نکرد و با این‌که میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی گیاه کاکل بسیار بیش‌تر از گتک بود، میزان تجزیه‌پذیری موثر آن نیز بیش‌تر بود. به‌طور کلی ماده خشک سالیکورنیا نسبت به دو گیاه دیگر در شکمبه بیش‌تر تجزیه شد که احتمالاً به‌دلیل خاکستر بالای آن بود زیرا خاکستر گیاهان شورزیست که بخش زیادی از آن را نمک تشکیل می‌دهد به‌طور سریع در شکمبه حل می‌شود و میزان ماده خشک تجزیه شده را افزایش می‌دهد در صورتی‌که خاکستر فاقد ماده آلی است و افزایش تجزیه پذیری منجر به افزایش قابلیت هضم در شکمبه نمی‌شود. کاکل با خاکستر کم‌تر نسبت به دو گیاه دیگر تجزیه‌پذیری بالاتری از گتک داشت که با درنظر گرفتن میزان ماده آلی بیش‌تر به‌نظر می‌رسد تجزیه‌پذیری آن در شکمبه مناسب‌تر از گتک و سالیکورنیا باشد. بخش سریع تجزیه پروتئین از ۵۳/۸ تا ۷۶/۷ درصد متغیر بود. Ben Salem و همکاران (۲۰۱۰) میزان بخش سریع تجزیه پروتئین در گیاه شوزیست آتریپلکس را ۷۰ درصد گزارش کردند و رزاقی و همکاران (۱۳۹۴) میزان بخش سریع تجزیه پروتئین در گیاه شوزیست سالسولا را ۱۰/۹۴ درصد به‌دست آوردند. بنابراین تجزیه پروتئین در شکمبه دامنه وسیعی دارد زیرا مشخص شده است سرعت تجزیه شدن پروتئین در شکمبه به ساختمان آن وابسته است و پیوندهای عرضی و دی‌سولفیدی نقش مهمی در این زمینه دارند (Nugent و Mangan، ۱۹۷۸). حلالیت پروتئین علوفه در شکمبه نیز می‌تواند تحت تأثیر pH شکمبه قرار گیرد (Isaacs و Owens، ۱۹۷۲). خشک کردن علوفه در مزرعه نیز با فعال کردن پروتئاز میزان حلالیت پروتئین را افزایش می‌دهد (Sullivan و همکاران، ۱۹۷۳). در گیاهان شورزیست بخش زیادی از پروتئین محاسبه شده آن‌ها ممکن است نیتروژن غیر پروتئینی باشد که در ساعت صفر در شکمبه حل می‌شوند. Benjamin و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کرد شاخص میزان پروتئین‌خام در علوفه‌های شورزی ممکن است معیار مناسبی برای برآورد کیفیت

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

علوفه نباشد چون میزان پروتئین‌خام به‌طور معمول، از اندازه‌گیری میزان نیتروژن گیاه محاسبه می‌شود. بسیاری از گیاهان مقاوم به شوری حاوی مقادیر زیادی نیتروژن غیرپروتئینی هستند. برای مثال، ۴۲ درصد نیتروژن در *آتریپلکس بارکلایانا* به‌شکل غیرپروتئینی است. ریاسی و همکاران (۱۳۸۴) میزان بخش سریع تجزیه پروتئین کاکل را ۵۵ درصد گزارش کرد که مطابق با مقدار به‌دست آمده در کاکل در آزمایش حاضر بود. اختلاف در میزان ناپدید شدن پروتئین خام منابع علوفه‌ای می‌تواند به‌دلیل تنوع در بخش‌های مختلف پروتئینی، به‌ویژه پروتئین غیرمحلول در بافر، پروتئین غیرمحلول در شوینده خنثی و پروتئین غیرمحلول در شوینده اسیدی باشد (دانش‌مسگران و حیدریان، ۱۳۷۹). میزان تانن در سالیکورنیا بیش از دو گیاه مورد مطالعه بود و انتظار می‌رفت میزان پروتئین سریع تجزیه کم‌تری داشته باشد اما میزان بالای خاکستر و احتمالاً ساختار پروتئینی در سالیکورنیا که ممکن است نیتروژن غیر پروتئینی زیادی داشته باشد موجب شد تا بخش سریع تجزیه بالایی داشته باشد. ابرغانی و همکاران (۱۳۹۴) میزان بخش کند تجزیه پروتئین در گیاه سیاه‌شور را ۴۸/۱ درصد به‌دست آورند که بیش‌تر از مقدار به‌دست آمده در این آزمایش بود و علت تفاوت با گزارش حاضراحتمالاً به این دلیل است که میزان بخش سریع تجزیه پروتئین کاکل در مطالعه محقق فوق‌الذکر بسیار کم (۱/۶ درصد) گزارش شده است و بنابراین سهم پروتئین کند تجزیه افزایش قابل توجهی یافته است. ریاسی و همکاران (۱۳۸۴) نیز میزان بخش کند تجزیه ماده خشک در گیاه سیاه‌شور را ۱۷ درصد اعلام کردند که کم‌تر از این مقدار در کاکل بود. میانگین تجزیه‌پذیری مؤثر در تمام نرخ‌های عبور در سالیکورنیا بالاتر از کاکل و گتک بود که با توجه به تاثیر بخش سریع تجزیه که رابطه مستقیمی با تجزیه موثر داشته و سهم زیادی از تجزیه‌پذیری پروتئین سالیکورنیا را تشکیل می‌داد، قابل انتظار بود. در کل پروتئین گیاه شورزیست گتک نسبت به دو گیاه دیگر در شکمبه کم‌تر تجزیه شد و پروتئین عبوری بیش‌تری داشت.

گیاه گتک با دارا بودن میزان پروتئین و چربی بالاتر و میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کم‌تر ارزش غذایی بیش‌تری نسبت به دو گیاه دیگر دارد. گیاه کاکل نیز به‌دلیل داشتن خاکستر کم‌تر و متابولیت‌های ثانویه کم‌تر نسبت به دو گیاه دیگر در تغذیه دام می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. گیاه سالیکورنیا با این‌که پروتئین کم و خاکستر و متابولیت ثانویه بالاتری نسبت به دو گیاه دیگر داشت اما چون فقط از آب دریا برای رشد خود استفاده می‌کند پتانسیل خوبی برای تامین علوفه در مناطق ساحلی دارد. کاکل تولید گاز بیش‌تری نسبت به گتک و سالیکورنیا داشت، میزان انرژی قابل متابولیسم کاکل بالاتر از گتک و سالیکورنیا بود هم‌چنین اسیدهای زنجیر کوتاه تولیدی آن نیز از دو گیاه دیگر بیش‌تر بود بنابراین کاکل از نظر تخمیر میکربی و تولید گاز و فراسنجه‌های آن از دو گیاه دیگر بهتر بود. پروتئین گیاه شورزیست گتک نسبت به دو گیاه دیگر در شکمبه کم‌تر تجزیه شد و پروتئین عبوری بیش‌تری داشت که با توجه به‌میزان پروتئین خام بالاتر آن نسبت به دو گیاه دیگر، می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد.

منابع

۱. **ابرغانی، ا.؛ چاجی، م.؛ منصوری، ه.؛ ممونی، م.؛ میرزاده، خ. و روشن‌فکر، ه.، ۱۳۹۴.** ارزیابی ترکیب شیمیایی، انرژی قابل متابولیسم و گوارش پذیری سه گیاه شورپسند مورد تعلیف شتر به روش آزمایشگاهی. نشریه پژوهش و سازندگی. سال ۲۸، شماره۱، صفحات ۲۹ تا ۴۲.

۲. **اسدی، م.، ۱۳۸۰.** فلور ایران . تیره اسفناج . جلد ۳۸. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

۳. **باشتینی، ج. و توکلی، ح.، ۱۳۸۱.** تعیین ارزش غذایی پنج گونه غالب از گیاهان شورپسند مناطق کویری استان خراسان. نشریه پژوهش و سازندگی. سال ۱۵، شماره ۲، صفحات ۲ تا ۵.

۴. **ترابیان، ع. و مهجوری، م.، ۱۳۸۱.** بررسی اثر آبیاری با فاضلاب روی جذب فلزات سنگین بوسیله سبزی‌های برگی جنوب تهران. نشریه علوم خاک و آب. سال ۱۶، شماره ۲، صفحات ۱۸۹ تا ۱۹۶.

۵. **حسینی‌نژاد، ز.؛ یوسف‌الهی، م. و فضائلی، ح.، ۱۳۹۱.** ارزش غذایی پنج گونه گیاهان شورپسند در منطقه سیستان. نشریه علوم دامی ایران. سال ۴۳، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۰.

۶. **خورسندی، ف.؛ وزیری، ژ. و عزیزی‌زهان، ع.ا.، ۱۳۸۹.** شوروزی: استفاده پایدار از منابع آب و خاک شور در کشاورزی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۳۲۰ صفحه.

۷. **دانش‌مسگران، م. و حیدریان، ن.، ۱۳۷۹.** تعیین بخش‌های مختلف نیتروژن‌دار مواد خوراکی مورد استفاده نشخوارکنندگان در استان خراسان. نشریه علوم و صنایع کشاورزی. سال ۱۴، شماره ۲، صفحات ۷۹ تا ۹۳.

۸. **رزاقی، ع.؛ ولی‌زاده، ر. و ترحمی، م.، ۱۳۹۴.** ترکیب شیمیایی، تجزیه‌پذیری و تولید گاز گیاهان شورزیست سلمکی سفید (*Aeluropus littoralis*) و چمن شور (*Salsola rigida*) علف شور ،(*Atriplex canesences*). نشریه پژوهش‌های علوم دامی ایران. سال ۷، شماره ۱، صفحات ۱ تا ۱۱.

۹. **رنجبر، غ.ح.؛ پیرسته‌انوشه، ه. و بناکار، م.ح.، ۱۳۹۵.** مروری بر پژوهش‌های انجام شده بر روی هالوفیت‌ها در ایران. دومین کنگره بین‌المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. رشت. ۹ تا ۱۱ شهریور ماه.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

۱۰. **ریاسی، ا.؛ دانش‌مسگران، م.؛ نصیری‌مقدم، ح. و ضمیری، م.ج.، ۱۳۸۴.** تعیین ترکیب شیمیایی، ضرایب تجزیه پذیری، نسبت ناپدید شدن شکمبه‌ای- روده‌ای و مدل‌های هضمی ماده خشک و پروتئین خام چهار گونه گیاهان شورزیست (کوشیا، آتریپلکس، سیاه شور و دانارک). نشریه علوم و صنایع کشاورزی. سال ۱۹، شماره ۱، صفحات ۹۸ تا ۱۱۰.

۱۱. **شریفی‌راد، م.؛ حشمتی، غ. و باقریه‌نجار، م. ب.، ۱۳۹۵.** بررسی اثر شدت‌های برداشت مختلف و مراحل فنولوژیکی بر تغییرات ذخایر کربوهیدرات‌های محلول در دو گونه *Halocnemum strobilaceum* و *Halostachys caspica* (مطالعه موردی: مراتع شهرستان گمیشان واقع در شمال‌غرب استان گلستان). نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی. سال ۱۱، شماره ۴۱، صفحات ۴۸ تا ۷۷.

۱۲. **کافی، م.؛ صالحی، م. و عشقی‌زاده، ح.ر.، ۱۳۸۹.** کشاورزی شورزیست: راهبردهای مدیریت گیاه، آب و خاک .انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد. ۳۸۰ صفحه.

۱۳. **Alloway, B.J., 1990.** Heavy metal in soils. John Wiley and Sons Inc. New York. pp: 20-27.

۱۴. **Anele, U.Y.; Sudekum, K.H.; Hummel, J.; Arigbede, O.M.; Oni, A.O.; Olanite, J.A. and Jolaosho, A.O., 2011.** Chemical characterization, in vitro dry matter and ruminal crude protein degradability and microbial protein synthesis of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) haulm varieties. Animal Feed Science and Technology. Vol. 163, pp: 161-169.

۱۵. **Attia-Ismail, S.A., 2008.** Role of minerals in halophyte feeding to ruminants. *In*: M.N.V. Prasad (ed.). Trace Elements: Nutritional Benefits, Environmental Contamination, and Health Implications. pp: 701-720.

۱۶. **Attia-Ismail, S.A., 2015.** Plant secondary metabolites of halophytes and salt tolerant plants, In: El Shaer and Squires, editors. Halophytic and Salt Tolerant Feedstuffs: Impacts on Nutrition, Physiology and Reproduction of Livestock. CRC Press. pp: 127-142.

۱۷. **Ayyad, M.A. and El-Ghareeb, R.E.M., 1982.** Salt marsh vegetation of the Western Mediterranean desert of Egypt. Vegetatio. Vol. 49, No 1, pp: 3-19.

۱۸. **Ben Salem, H.; Norman, H.C.; Nefzaoui, A.; Mayberry, D.E.; Pearce, K.L. and Revell, D.K., 2010.** Potential use of Oldman saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.) in sheep and goat feeding. Small Ruminant Research. Vol. 91, pp: 13-28.

۱۹. **Benjamin, R.W.; Oren, E.; Katz, E. and Becker, K., 1992.** The apparent digestibility of *Atriplex barclayana* and its effect on nitrogen balance in sheep. Animal Production. Vol. 54, pp: 259-264.

۲۰. **Blummel, M. and Bullerdieck, P., 1997.** The need to complement gas production measurements with residue determination from in sacco degradability to improve the prediction of voluntary intake of hays. Animal Science. Vol. 64, pp: 71-75.

۲۱. **Blummel, M. and Ørskov, E.R., 1993.** Comparison of gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Animal Feed Science and Technology. Vol. 40, pp: 109-119.

۲۲. **Dzowela, B.H.; Hove, L.; Topps, J.H. and Mafongoya, P.L., 1995.** Nutritional and anti-nutritional characters and rumen degradability of dry matter and nitrogen for some multipurpose tree species with potential for agroforestry in Zimbabwe. Animal Feed Science and Technology. Vol. 55, pp: 207-214.

۲۳. **El Shaer, H.M., 2010.** Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. Small Ruminant Research. Vol. 91, pp: 3-12.

۲۴. **El-Tantawy, H., 2018.** The Nutritional Value of some Desert plants in Kuwait. Arabian Pennisula. Taeckholmia. Vol. 22, No. 1, pp: 35-45.

۲۵. **Getachew, G.; Makkar, H.P.S. and Becker, K., 2002.** Tropical browses: contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production. The Journal of Agricultural Science. Vol. 139, pp: 341-352.

۲۶. **Glenn, E.P.; Brown, J.J. and O'Leary, J.W., 1998.** Irrigating crops with seawater. Scientific American. Vol. 729, No. 2, pp: 76-81.

۲۷. **Goering, H.K. and Van Soest, P.J., 1970.** Forage Fiber Analysis (Apparatus Reagents, Procedures and Some Applications). Agriculture Handbook. United States Department of Agriculture, Washington DC.

۲۸. **Hoffman, P.C.; Sievert, S.J.; Shaver, R.D., Welch, D.A. and Combs, D.K., 1993.** In situ dry matter, protein and fiber degradation of perennial forages. Journal of Dairy Science. Vol. 76, pp: 2632-2642.

۲۹. **Imai, H.; kinoshita, M. and Ohnishi, M., 2004.** Chemi-cal characterization of glycerolipds and cere-brosides in halophytic plant, *Salicornia europaea*. Journal of Oleo Science. Vol. 53, pp: 337-341.

۳۰. **Isaacs, J. and Owens, F.N., 1972.** Protein soluble in rumen fluid. Journal of Animal Science. Vol. 35, No. 1, pp: 267-272.

۳۱. **Ishikawa, N.; Shmizu, K.; Koizumi, T.; Shimizu, T. and Enishi, O., 2002.** Nutrient value of saltwort (*Salicornia herbacea*. L) as feed for ruminants. Asian Australian Journal of Animal Science. Vol. 15, pp: 998-1001.

۳۲. **Jackson, F.S.; Barry, T.N.; Lascano, C. and Palmer, B., 1994.** The extractable and bound condensed tannin content of leaves from tropical tree, shrub and forage legumes. Journal of Science Food Agriculture. Vol. 71, pp: 103-110.

۳۳. **Kadereit, G.; Ball, P.; Beer, S.; Mucina, L.; Sokoloff, D.; Teege, P.; Yaprak, A.E. and Freitag, H., 2007.** A taxonomic nightmare comes true: phylogeny and biogeography of glassworts (*Salicornia* L. henopodiaceae). Taxon. Vol. 56, pp: 1143-1170.

۳۴. **Kafi, M.; Zamani, G. and Poyan, M., 2010.** Study the domestication possibility of four halophyte species using brakish and saline irrigation water. Iranian Journal of Range and Desert Research. Vol. 172, pp: 276-291.

۳۵. **Kraidees, M.S.; Abouheif, M.A.; Al-Saiady, M.Y.; Tag Eldin, A. and Metwally, H., 1998.** The effect of dietary inclusion of halophyte *Salicornia bigelovii* Torr on growth performance and carcass characteristics of lambs. Animal Feed Science and Technology. Vol. 76, No. 1-2, pp: 149-159.

۳۶. **Laudadio, V.; Tufarelli, V.; Dario, M.; Hammadi, M.; Seddik, M.M.; Lacalandra, G.M. and Dario, C., 2009.** A survey of chemical and nutritional characteristics of halophytes plants used by camels in Southern Tunisia. Tropical animal health and production. Vol. 41, No. 2, pp: 209-215.

۳۷. **Lila, Z.A.; Mohammed, N.; Kanda S.; Kamada, T. and Itabashi, H., 2003.** Effect of saponin on ruminal fermentation with particular reference to methane production in vitro. Journal of Dairy Science. Vol. 86, pp: 3330-3336.

۳۸. **Makkar, H.P.S., 2005.** *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. Animal. Feed Science and Technology. Vol. 123, pp: 291-302.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

۳۹. **Masters, D.G.; Benes, S.E. and Norman, H.C., 2007.** Biosaline agriculture for forage and livestock production. Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol. 119, pp: 234-248.

۴۰. **Mcsweeny, C.S.; Palmer, B.; McNeill, D.M. and Krause, D.O., 2001.** Microbial interaction with tannin: nutritional consequences for ruminants. Animal Feed Science and Technology. Vol. 91, pp.83-93.

۴۱. **Menke, K.H. and Steingass, H., 1988.** Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. Animal Research and Development. Vol. 28, pp: 7-55.

۴۲. **Milic, D.; Lukovic, J.; Ninkov, J., 2012.** Heavy metal content in halophytic plants from inland and maritime saline areas. Central European Journal of Biology. Vol, 7, pp: 307-317.

۴۳. **Mishra, A. and Tanna, B., 2017.** Halophytes: Potential Resources for Salt Stress Tolerance Genes and Promoters. Frontiers in Plant Science. Vol. 8, 829 p.

۴۴. **Nugent, J.H. A. and Mangan, J.L., 1978.** Rumen proteolysis of fraction 1 leaf protein, casein and bovine serum albumin. Proceedings of the Nutrition Society. Vol. 37, 48 p.

۴۵. **Ørskov, E.R. and McDonald, I., 1979.** The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science. Vol. 92, No. 2, pp: 499-503.

۴۶. **Ozturk, M.; Boer, B.; Barth, H.J.; Breckle, S.W.; Clusener-Godt, M. and Khan, M.A., 2011.** Sabkha Ecosystems. Volume III: Africa and Southern Europe. Springer. pp: 1-148.

۴۷. **Rezvani Moghaddam, P. and Koocheki, A., 2004.** History of research on salt-affected lands of Iran. In Prospects of Saline Agriculture in the Arabian Peninsula. pp: 83-95.

۴۸. **Russell, J.B.; O'connor, J.D.; Fox, D.G.; Van Soest, P.J. and Sniffen, C.J., 1992.** A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. Journal of Animal Science. Vol. 70, pp: 3551-3561.

۴۹. **SAS Institute Inc. 2009.** SAS/STAT User's Guide: Version 9.2. 2nd edn. SAS Institute Inc; Cary, NC, USA.

۵۰. **Sullivan, J.E.; Owens, F.N. and Shockey, B.J., 1973.** Corn roasting temperature e nutrient availability. Journal of Animal Science. Vol. 37, pp: 291-298.

۵۱. **Swingle, R.S.; Glenn, E.P. and Squires, V., 1996.** Growth performance of lambs fed mixed diets containing halophyte ingredients. Animal Feed Science and Technology. Vol. 631, No. 4, pp: 137-148.

۵۲. **Tag El-Din, A.E., 2012.** Halophytes as feedstuffs in feeding farm animals, a review. Journal Agricultural and Environmental Science. Vol. 11, No. 2, pp. 1-33.

۵۳. **Tavendale, M.H.; Meagher, L.P.; Pacheco, D.; Walker, N.; Attwood, G.T. and Sivakumaram, S., 2005.** Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. Animal Feed Science and Technology. Vol. 124, pp: 403-419.

۵۴. **Theodorou, M.K.; Williams, B.A.; Dhanoa, M.S.; McAllan, A.B. and France, J., 1994.** A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feedstuffs. Animal Feed Science and Technology. Vol. 48, pp: 185-197.

۵۵. **Turgut, L.; Yanar, M.; Tuzemen, N. and Comakli, B., 2008.** Effect of maturity stage on chemical composition in situ ruminal degradability kinetics of meadow hay in Awassi sheep. Journal of Animal and Veterinary Advances. Vol. 7, No. 9, pp: 1061-1065.

۵۶. **Van Soest, P.J.; Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991.** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. Vol. 74, No. 10, pp: 3583-3597.

۵۷. **Yasseen, B.T.; Abu-Al-Basal, M.A. and Alhadi, F.A., 2010.** An analysis of leaf growth under osmotic stress. Journal of Plant Science. Vol. 5, pp: 391-401.

۵۸. **Zakery-Asl, M.A.; Bolandnazar, S.; Oustan, S.H. and Tabatabaei, S.J., 2014.** Effects of NaCl salinity and nitrogen levels on growth, and vitamin C and nitrate concentrations of halophyte vegetable *Suaeda aegyptiaca*. Journal of Water and Soil Science. Vol. 24, No. 1, pp: 239-250.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.110147

Determination of nutritional value, gas production and degradability of *Salicornia europaea*, *Suaeda aegyptiaca* and *Halocnemum strobilaceum* in sheep

- **Mohammad Hadi Sadeghi*:** Department of Animal Science Research, Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bushehr, Iran
- **Mohsen Sari:** Department of Animal Sciences, Faculty of Animal Sciences and Food Industry, Khuzestan University of Agriculture and Natural Resources, Malasani, Iran
- **Tahereh Mohammad abadi:** Department of Animal Sciences, Faculty of Animal Sciences and Food Industry, Khuzestan University of Agriculture and Natural Resources, Malasani, Iran
- **Morteza Rezai:** Department of Nutrition, Iran Institute of Animal Science Research, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

Received: August 2019 Accepted: November 2019

Key words: Gas production, *Halocnemum strobilaceum*, Halophytes, Nutritional value, *Salicornia europaea*, *Suaeda aegyptiaca*

Abstract

Nutritional value of *Salicornia europaea*, *Halocnemum strobilaceum* and *Suaeda aegyptiaca* plants was evaluated by chemical composition, in vitro gas production and ruminal degradability with 3 fistulated male sheep. The result showed that the protein content of Halocnemum, Suaeda and Salicornia was 12.8, 9.55 and 5.88%, respectively. The highest levels of neutral detergent fiber and acid detergent fiber were in Suaeda (40.1% and 27.6%, respectively). Salicornia had the highest sodium content (4.67%). Halocnemum lead content (4.42 mg/kg DM) was higher than Salicornia and Suaeda. Cadmium content of Halocnemum (2.53 mg/kg DM) was more than Suaeda and Salicornia. The amount of tannin in Salicornia (0.64%) was higher than Halocnemum (0.27%) and Suaeda (0.12%). Suaeda produced more cumulative gas than Halocnemum and Salicornia. The amount of short chain fatty acids was between 0.32 and 0.45 mmol and Halocnemum had lowest and Suaeda had highest amount ($P<0.0001$). The soluble fraction (a) in the dry matter of Salicornia was the highest (38.2%) and in Suaeda (26.8%) was the lowest ($P<0.0001$). The potentially degradable insoluble fraction (b) in the dry matter of the Suaeda (22.5%) was more than Salicornia (15.1%) and Halocnemum (13.9%) ($P=0.001$). Halocnemum showed the least degradable protein fraction ($P<0.05$). Overall, the results showed that these halophytes could be used as feedstock for ruminants in saline and coastal areas.

* Corresponding Author's email: mhsadeghi46@gmail.com