



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"

دوره یازدهم، شماره بیست و سوم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

علمی-پژوهشی

## مقایسه شاخص‌های زیستی ماکروفون خاک در فصل رویش و استراحت در منطقه حفاظت شده گنو، استان هرمزگان

مریم بنی‌فاطمه<sup>۱</sup>، حسین پرورش<sup>۲\*</sup>، مریم مصلحی<sup>۳</sup>، صابر قاسمی<sup>۴</sup>، عبدالنبی باقری<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری تنوع زیستی، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران

<sup>۳</sup> استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

<sup>۴</sup> استادیار، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران

<sup>۵</sup> استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۲۴

### چکیده

ماکروفون‌های خاک در توسعه ساختار خاک نقش به‌سزایی دارند و دارای کارکردهای بوم‌شناختی متعددی هستند. تحقیق حاضر با هدف مقایسه شاخص‌های زیستی ماکروفون خاک در فصل رویش و استراحت در منطقه حفاظت‌شده گنو، در استان هرمزگان انجام شده است. پس از جنگل‌گردشی انتخاب توده نیم‌هکتاری پهن‌برگ، توده نیم‌هکتاری سوزنی‌برگ و توده نیم‌هکتاری پهن‌برگ و سوزنی‌برگ (آمیخته) مشخص شد. برای شناسایی ماکروفون، اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و رابطه آن‌ها با شاخص‌های زیستی، تعداد ۱۰ نمونه خاک از زیر تاج درختان تا عمق ۱۵ سانتی‌متری، به صورت تصادفی در فصل‌های رویش و استراحت برداشت شد و پس از جداسازی ماکروفون از نمونه‌ها در عرصه، برای آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS26 آنالیز شد. مقایسه شاخص‌های زیستی با استفاده از آزمون T جفتی و همچنین مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو فصل رویش و استراحت با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه و دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام گرفت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد در هر ۳ توده پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته بین‌غنا، یکنواختی و تنوع زیستی در فصل رویش و استراحت تفاوت معناداری وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، غنا، یکنواختی، تنوع زیستی

### مقدمه

میزبان متنوع‌ترین بخش زیستی اکوسیستم است. بیش از یک چهارم موجودات زنده زمین به طور قطع ساکن خاک یا بقایای سطح خاک هستند. ماکروفون‌ها شبکه غذایی بسیار پیچیده خاک را تشکیل می‌دهند. جانوران خاک از جمله ماکروفون‌ها و مزوفون‌ها نقش مهمی در چرخه مواد و جریان انرژی اکوسیستم‌ها دارند (Wu and Wang, 2019). ماکروفون خاک به‌عنوان دسته مهمی از جانداران از اهمیت بسیار در چرخه مواد غذایی و انرژی برخوردارند و

تنوع زیستی خاک، زمینه مساعدی را برای پیشرفت پایداری‌ها فراهم می‌کند (Bach and Wall, 2018). تنوع زیستی خاک (شامل ارگانوسم‌هایی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، تک‌یاخته‌ها، حشرات، کرم‌ها و سایر بی‌مهرگان) است که همگی توانایی متابولیسم خاک را افزایش می‌دهند و نقش مهمی در سلامت خاک و عملکرد اکوسیستم دارند (Trivedi et al., 2018). در بسیاری از زیستگاه‌ها خاک

\* نویسنده مسئول: [h.parvaresh@iauba.ac.ir](mailto:h.parvaresh@iauba.ac.ir)

اثرات مهمی روی پویایی مواد آلی و روند تجزیه در خاک دارند. جامعه ماکروفون خاک متشکل از بی‌مهرگان بوده که بخش مهمی از چرخه‌های زندگی خود را در خاک یا داخل بقایای سطحی می‌گذراند. ماکروفون خاک شامل خاکزیان با ابعاد کمتر از ۲۰ میلی‌متر و بیشتر از ۲ میلی‌متر است که شامل هزارپا، حشرات، کرم‌خاکی، خرخاکی و نرم‌تان است (Barrios, 2007).

از شاخص تنوع گونه‌ای می‌توان به عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت مناطق حفاظت شده و همچنین اتخاذ مدیریت مناسب استفاده کرد. تنوع گونه‌ای یکی از ویژگی‌های مهم جوامع زنده به ویژه ساختار جوامع گیاهی است که غنا و یکنواختی جامعه را منعکس می‌کند (Cornly et al., 2013). در کل تنوع گونه‌ای دارای دو بخش به هم پیوسته است که بخش اول مربوط به تعداد در واحد نمونه‌برداری است که به آن غنای گونه‌ای می‌گویند. دومین بخش یکنواختی است که به توزیع افراد گونه‌ها در محیط اطلاق می‌شود (اجتهادی و همکاران، ۱۳۸۸). تنوع زیستی موجود در اکوسیستم‌های طبیعی، به‌طور مستقیم، تحت تأثیر ویژگی‌های رویشی و تنوع گونه‌های گیاهی آن قرار دارد که همواره متضمن پایداری این اکوسیستم در مقابل آشفتگی‌های محیطی و زیستی است (Khan et al., 2011). از آنجا که حفاظت همه جانبه اکوسیستم‌های مرتعی مستلزم مدیریت بر مبنای حفظ و نگهداری از تنوع گونه‌ای موجود در آن‌ها است، این امر جز با شناخت و اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای محقق نمی‌شود. در این راستا آگاهی از فشارهای محیطی مخرب بر اکوسیستم که باعث تخریب زیستگاه‌ها، بیوم‌ها و در نتیجه کاهش تنوع گونه‌ای می‌شود، ضروری است (Kadeem Hossain et al., 2010).

بیشترین قسمت از تنوع زیستی کره زمین، مستقیم یا غیرمستقیم، به خاک متکی است. علاوه بر این، خاک خود زیستگاه تنوع زیادی از موجودات است. مناسب بودن خاک برای میزبانی چنین تنوعی به شدت با ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و خصوصیات محیطی آن ارتباط دارد. با این حال، به دلیل پیچیدگی خاک و تنوع زیستی، شناسایی یک رابطه روشن و بدون ابهام بین پارامترهای محیطی و میزان زیست خاک دشوار است (Aksoy et al., 2017). مطالعات متعددی در سطح جهان در خصوص تنوع ماکروفون خاک انجام شده است. سیلیشی و مافونگویا (Sileshi and

Wu and Wang, 2019) در مطالعه‌ای تفاوت در پویایی مکانی بین جوامع ماکروفون و مزوفون در اکوسیستم‌های جنگلی را بررسی کردند. ترکیب جامعه ماکروفون خاک نسبت به مزوفون خاک در طول تغییرات فصلی نسبت به تنوع زیستگاه حساس تر بود، اما ترکیب جامعه مزوفون خاک نسبت به ماکروفون خاک در تمام زیستگاه‌ها نسبت به تغییرات فصلی حساس تر بود. فراوانی، غنا و شاخص شانون به‌طور قابل توجهی بین زیستگاه‌ها برای ماکروفون خاک متفاوت بود، اما هیچ الگوی مکانی مشخصی برای مزوفون خاک نداشت. علاوه بر این، تفاوت در فراوانی و شاخص تنوع بین ماه‌های نمونه‌برداری برای ماکروفون خاک معنی‌دار نبود، اما برای مزوفون خاک قابل توجه بود. توزیع فضایی ماکروفون خاک به‌راحتی تحت تأثیر تغییرات در جامعه گیاه و خصوصیات خاک نسبت به مزوفون خاک قرار دارد، در حالی که پویایی زمانی مزوفون خاک نسبت به تغییرات عوامل آب و هوایی حساس تر بود. بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد به علت نبود اطلاعات این موجودات در منطقه حفاظت‌شده گنو، در این پژوهش برای اولین بار غنا، تنوع زیستی و یکنواختی ماکروفون خاک در فصل رویش و استراحت در سه توده سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و آمیخته بررسی شد، به‌طوری‌که ضمن شناسایی

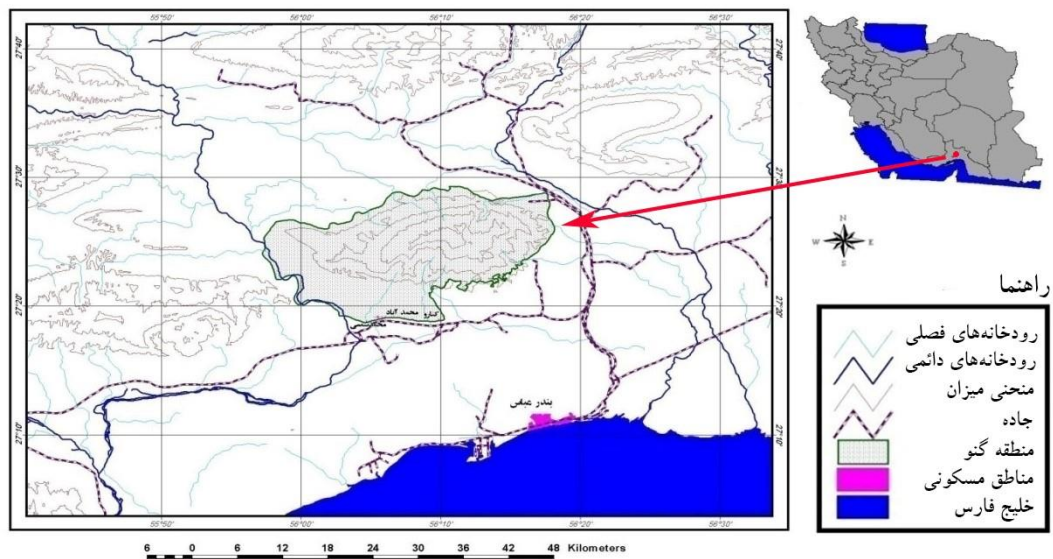
زیاد آهک (بیش از ۳۰ درصد) طبقه‌بندی می‌شوند. از نظر شوری جزء خاک‌های معمولی محسوب می‌شوند. از نظر جغرافیای گیاهی، فلور کوه گنو متعلق به دو پهنه رویشی صحارا-سندی و ایرانو-تورانی است. پوشش گیاهی منطقه متجاوز از ۳۶۰ گونه از گیاهان آوندی است که معدودی از آنها را سرخس‌ها و بازدانگان و قسمت عمده آن را گیاهان گلدار تشکیل می‌دهند. همان‌گونه که معمول مناطق خشک و بیابانی است، دو گروه بوته‌های چوبی و درختچه‌ها و گیاهان کوتاه عمر یکساله از بیشترین تنوع برخوردارند. درختان کهور، کنار، آکاسیا و گز در دامنه‌ها و دشتهای کم ارتفاع می‌رویند و غالباً با بوته‌های چوبی و درختچه‌ای پرخ، ناترک، مسواک و استبرق همراه‌اند. درختان و درختچه‌های زیتون، بادام‌کوهی، بنه و خنجک همراه با بوته‌های چوبی مانند گون‌گاوی پیچک‌های بوته‌ای و شمار زیادی از گیاهان نیمه‌چوبی و علفی دیگر در ارتفاعات میانی رشد می‌کند و گاه بیشه‌های انبوهی به‌وجود می‌آورند. درختان بادام گنوتی و کیکم همراه با درختچه‌های شیرخشت و بوته‌های زیبای عروسک سنگ طلائی و شماری دیگر از گیاهان چوبی و بوته‌ای کوچک و بزرگ، در ارتفاعات، درختان ارس را همراهی می‌کنند (سلطانی پور، ۱۳۸۴).

ماکروفون خاک در این منطقه، تغییر ویژگی آنها در فصل رویش و استراحت و همچنین رابطه بین خصوصیات خاک و شاخص‌های زیستی ماکروفون ارزیابی گردید. باتوجه به اینکه منطقه مورد مطالعه جزو مناطق حفاظت شده است، بنابراین از نتایج تحقیق در مورد شاخص‌های زیستی ماکروفون خاک می‌توان به عنوان اطلاعات پایه در منطقه مورد مطالعه استفاده کرد. مقایسه این شاخص‌ها در سال‌های آینده، امکان پایش تغییرات وضعیت منطقه به منظور مدیریت بهتر را فراهم می‌کند.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده گنو در ۳۰ کیلومتری شمال غربی شهر بندرعباس در استان هرمزگان، واقع شده است. جاده اصلی بندرعباس به سیرجان از شرق و جاده اصلی بندرعباس به بندر لنگه از جنوب آن می‌گذرد. از نظر موقعیت جغرافیایی این منطقه در فاصله "۱۶'۲۹° عرض شمالی و "۱۸'۴° طول شرقی قرار دارد (امیری و همکاران، ۱۳۹۵). (شکل ۱) درجه حرارت سالیانه ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارش سالیانه آن از ۳۴۸/۷۵ میلی‌متر تا ۲۹۰/۳ میلی‌متر، در دامنه ارتفاعی ۵۰ الی ۲۳۴۷ متر متفاوت است. خاک جوامع مورد مطالعه در طبقه خاک‌های شنی و لومی قرار دارند و از نظر درصد آهک در خاک‌های با مقادیر بسیار



شکل ۱- موقعیت کوه گنو در ایران

خاک (به روش کلوخه) (Soil texture and present of sand clay and silt were determined by the Bouyoucos hydrometer) (Gee and Buder, 1986) محاسبه گردید. عکس برداری از ماکروفون‌های برداشت شده از خاک توسط دوربین Digital Eei Mecroscop انجام گرفت.

پس از شناسایی ماکروفون با استفاده از کلید شناسایی Borrer (Borrer et al., 1989). در آون بادمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و بعد از ۷۲ ساعت وزن خشک آن‌ها با دقت یک ده هزارم اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS26 آنالیز شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف، تایید و ارتباط بین ماکروفون و شاخص‌های زیستی (تنوع، سیمپسون شانون وینر، غنا مارگالف و منهنینگ و یکنواختی پیلو و هیل) با آزمون تجزیه واریانس یکطرفه و دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد و آزمون T جفتی در نرم‌افزار آماری SPSS26 مورد بررسی قرار گرفت.

در ضمن به منظور ارزیابی شاخص‌های زیستی ماکروفون‌های شناسایی شده، از تنوع شانون-وینر و تنوع سیمپسون، غنا (منهنینگ و مارگالف) و یکنواختی (پیلو و هیل) با استفاده از نرم‌افزار Past3 استفاده شد (جدول ۱).

پس از جنگل‌گردشی در ذخیره‌گاه در ارتفاع ۲۲۰۰ متر، یک توده نیم‌هکتاری سوزنی برگ، توده نیم هکتاری پهن‌برگ و توده نیم هکتاری از درختان سوزنی و پهن‌برگ (آمیخته) مشخص گردید. ۱۰ نقطه به صورت تصادفی در توده‌هایی مورد نظر، با استفاده از قاب نمونه‌برداری مستطیلی شکل (با ابعاد ۱۵×۱۰×۱۰ سانتی‌متر) از عمق ۱۵ سانتی‌متری، در دو فصل رویش و استراحت برداشت و جداسازی ماکروفون به صورت دستی انجام و در الکل ۷۰٪ قرار گرفت، خاک برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و به آزمایشگاه منتقل شد. دمای خاک نیز با استفاده از دماسنج دیجیتال، در محل اندازه‌گیری و ثبت گردید. درصد رطوبت خاک با برداشت نمونه خاک از عمق ۱۵ سانتی‌متر و تعیین وزن تر و خشک (Fadoul et al., 2016)، محاسبه گردید. درصد کربن‌آلی با روش والکی‌بلاک، هدایت الکتریکی با استفاده از عصاره اشباع خاک (Rhoades, 1996)، نی‌تروژن با استفاده از کج‌دال، فسفر با روش اولسون ری‌بی‌رو و همکاران (Ribeiro et al., 2002)، اسیدیته با روش پتانسی‌ومتری با استفاده از pH متر اسمی و همکاران (Smith & Doran 1996)، بافت خاک به روش هیدرومتری بایکاس، و وزن مخصوص ظاهری

جدول ۱- رابطه شاخص‌های غنا، تنوع زیستی و یکنواختی

متغیر	شاخص	رابطه	مرجع
غنا	مارگالف	$R_{s1} = (S-1) / \ln(n)$	Margalef (۱۹۵۷)
تنوع	منهنینگ سیمپسون	$R_{s2} = S / \sqrt{n}$ $\sigma = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2 = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$	Menhinick (۱۹۶۴) Simpson (۱۹۴۹)
	شانون- وینر	$H = - \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i)$	Shannon و Weaver (۱۹۴۹)
یکنواختی	پیلو هیل	$E_1 = H / \ln(S)$ $E_2 = 1 / \sigma / H$	Pielou (۱۹۷۵) Hill (۱۹۷۳)

## نتایج

منطقه حفاظت‌شده گنو به شرح جداول ۲ تا ۴، شناسایی شدند:

سه توده پهن‌برگ (بادام)، سوزنی‌برگ (ارس) و آمیخته در فصل رویش در

جدول ۲- خانواده شناسایی شده در توده پهن‌برگ در منطقه حفاظت شده گنو

خانواده پهن برگ					
<i>Embiidae</i>	<i>Cydnidae</i>	<i>Coccinellidae</i>	<i>Clubionidae</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Anthocoridae</i>
	Larva of	<i>Ixodidae</i>	<i>Hydrometridae</i>	<i>Gryllidae</i>	<i>Formicidae</i>
	<i>Nymphalidae</i>				
<i>Pentatomidae</i>	<i>Olpiidae</i>	<i>Miridae</i>	<i>Lygidae</i>	<i>Linyphiidae</i>	<i>Lepismatidae</i>
	<i>Syrphidae</i>	<i>Staphylinidae</i>	<i>Scutelleridae</i>	<i>Scolopocryptoidae</i>	<i>Pompilidae</i>
			<i>Tingidae</i>	<i>Thomisidae</i>	<i>Tenebrionidae</i>

جدول ۳- خانواده شناسایی شده در توده سوزنی‌برگ در منطقه حفاظت شده گنو

خانواده سوزنی برگ					
<i>Coccinellidae</i>	<i>Clubionidae</i>	<i>Cicadellidae</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Armadillidiidae</i>	<i>Alydidae</i>
	<i>Formicidae</i>	<i>Embiidae</i>	<i>Elateridae</i>	<i>Larve</i>	<i>Cydnidae</i>
	<i>Lepismatidae</i>	Larva of	<i>Ixodidae</i>	<i>Hydrometridae</i>	<i>Gryllidae</i>
	<i>Miridae</i>	<i>Papilionoidea</i>	<i>Lycosidae</i>	<i>Linyphidae</i>	<i>Myrmeleontidae</i>
	<i>Scolopocryptoidae</i>	<i>Rhagodidae</i>	<i>Pompilidae</i>	<i>platygastridea</i>	<i>Pentatomidae</i>
			<i>Thomisidae</i>	<i>Tenebrionidae</i>	<i>Syrphidae</i>

جدول ۴- خانواده شناسایی شده در توده آمیخته در منطقه حفاظت شده گنو

خانواده آمیخته					
<i>Clubionidae</i>	<i>Chrysomelidae</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Armadillidiidae</i>	<i>Anthocoridae</i>	<i>Acrididae</i>
<i>Erebidae</i>	<i>Embiidae</i>	<i>Elateridae</i>	<i>Cydnidae</i>	<i>Curculionidae</i>	<i>Coccinellidae</i>
		<i>Ixodidae</i>	<i>Geometridae</i>	<i>Lygaeidae</i>	<i>Formicidae</i>
		<i>Pompilidae</i>	<i>Pentatomidae</i>	<i>Miridae</i>	<i>Lepismatidae</i>
			<i>Thomisidae</i>	<i>Tenebrionidae</i>	<i>Scolopocryptoidae</i>

معناداری بین این شاخص‌ها در توده سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و آمیخته در فصل استراحت وجود ندارد. بر اساس نتایج حاصل از آزمون دانکن به منظور مقایسه گروه‌ها در فصل استراحت، مولفه‌های یکنواختی (پیلو)، شانون، مارگالف، بیوماس (۲mg/cm) و سیلت، تیمار پهن‌برگ، آمیخته و سوزنی‌برگ در یک گروه (گروه یک) قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد ( $sig > 0/05$ ). بر اساس نتایج، مولفه‌های بیوماس (۲mg/m) و رس نیز، توده پهن‌برگ، آمیخته و سوزنی‌برگ به ترتیب در گروه ۱، ۲ و ۳ قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد ( $sig > 0/05$ ). همچنین بر اساس نتایج، مولفه شن، توده پهن‌برگ و آمیخته در گروه

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه به منظور مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی برای توده پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در فصل استراحت به شرح جدول ۵ است. بر اساس نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه مقدار sig برای مولفه‌های شاخص سیمپسون، شاخص شنون وینر، شاخص مارگالف، شن، رس، سیلت، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، فسفر، نیتروژن، کربن آلی، دما و رطوبت کمتر از مقدار خطا (۵ درصد) است، لذا در زمینه مولفه‌های ذکر شده در توده سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و آمیخته در فصل استراحت تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین مقدار sig برای مولفه‌های یکنواختی (پیلو)، منهنیک، بیومس، وزن مخصوص ظاهری و واکنش خاک بزرگتر از مقدار خطا به دست آمده است. در نتیجه اختلاف

۱ و توده سوزنی‌برگ در گروه ۲ قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد ( $\text{sig} > 0/05$ ).

جدول ۵- نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در فصل استراحت

Sig.	Fآماره	میانگین مربعات	df	جمع مربعات	بین گروهی
0/015*	4/372	0/344	2	0/688	شاخص سیمپسون
0/015*	4/917	1/087	2	2/173	شاخص شنون وینر
0/372 <sup>ns</sup>	1/026	0/228	2	0/456	یکنواختی(پیلو)
0/095 <sup>ns</sup>	2/577	0/12	2	0/24	منهینک
0/012*	5/212	0/131	2	0/262	شاخص مارگالف
0/195 <sup>ns</sup>	1/738	0/00	2	0/001	بیوماس (2mg/cm)
0/195 <sup>ns</sup>	1/738	3/284	2	6/568	بیوماس (2mg/m)
0/001**	10/964	410/800	2	821/600	شن
0/036*	3/762	208/13	2	416/267	رس
0/000**	682/24	1101/733	2	2203/467	سیلت
0/104 <sup>ns</sup>	2/462	0/16	2	0/32	وزن مخصوص ظاهری
0/045*	3/473	0/10	2	0/20	واکنش خاک
0/003**	7/033	0/173	2	0/347	هدایت
					الکتریکی(میلی موس
					بر سانتی متر)
0/006**	6/137	0/868	2	1/736	فسفر(میلی گرم
					بر لیتر)
0/000**	11/244	0/196	2	0/391	نیتروژن
0/000**	11/336	20/798	2	41/595	کربن آلی
0/018*	4/705	1/562	2	3/125	دما خاک(سانتی گراد)
0/000**	19/102	11/834	2	23/669	رطوبت خاک

\*\*معناداری در سطح ۱ درصد، \* معناداری در سطح ۵ درصد ns: عدم معناداری

جدول ۶- نتایج آزمون دانکن در فصل استراحت

مولفه	تعداد	تیمارها	۱	۲	۳
سیمپسون	۱۰	پهن‌برگ	۰/۱۳۳		
		آمیخته	۰/۵۱۹	۰/۵۱۹	
		سوزنی‌برگ	۰/۷۸۸		
		sig	۰/۰۷۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۱۲	
شلنون	۱۰	پهن‌برگ	۰/۴۹۴		
		آمیخته	۰/۶۷۵		
		سوزنی‌برگ	۰/۷۹۴		
		sig	۰/۱۹۰ <sup>ns</sup>		
یکنواختی (پیلو)	۱۰	پهن‌برگ	۰/۰۵۲		
		آمیخته	۰/۱۱۱		
		سوزنی‌برگ	۰/۱۱۴		
		sig	۰/۰۶۶ <sup>ns</sup>		
منهینک	۱۰	پهن‌برگ	۰/۰۳۶		
		آمیخته	۰/۱۵۸	۰/۱۵۸	
		سوزنی‌برگ	۰/۲۶۵		
		sig	۰/۰۹۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۴۶ <sup>ns</sup>	
مارگالف	۱۰	پهن‌برگ	۰/۰۰۷		
		آمیخته	۰/۰۱۲		
		سوزنی‌برگ	۰/۰۱۸۷		
		sig	۰/۰۸۹ <sup>ns</sup>		
بیوماس (۲mg/cm)	۱۰	پهن‌برگ	۰/۷۲۹		
		آمیخته	۱/۲۴۱		
		سوزنی‌برگ	۱/۸۷۳		
		sig	۰/۰۸۹ <sup>ns</sup>		
بیوماس (۲mg/m)	۱۰	پهن‌برگ	۲۶/۸۰۰		
		آمیخته	۳۳/۸۰۰		
		سوزنی‌برگ	۳۹/۶۰۰		
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>
شن	۱۰	پهن‌برگ	۱۶/۲۰۰		
		آمیخته	۱۶/۴۰۰		
		سوزنی‌برگ	۲۴/۲۰۰		
		sig	۰/۹۵۲ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	
رس	۱۰	پهن‌برگ	۳۶/۲۰۰		
		آمیخته	۵۰/۰۰۰		
		سوزنی‌برگ	۵۶/۸۰۰		
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>
سیلت	۱۰	پهن‌برگ	۱/۳۴۸		
		آمیخته	۱/۴۱۶		
		سوزنی‌برگ	۱/۴۱۸		
		sig	۰/۰۷۵ <sup>ns</sup>		
وزن مخصوص ظاهری	۱۰	پهن‌برگ	۷/۵۲۲		
		آمیخته	۷/۵۷۷		
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	

ادامه جدول ۶

مولفه	تعداد	تیمارها	۱	۲	۳
واکنش خاک	۱۰	پهن‌برگ	۰/۷۵۲		
		آمیخته		۰/۹۴۴	
		سوزنی‌برگ		۱/۰۰۴	
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۴۰۰ <sup>ns</sup>	
هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی متر)	۱۰	پهن‌برگ	۴/۱۳۰		
		آمیخته		۴/۵۱۰	
		سوزنی‌برگ		۴/-۷۱	
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۴۵ <sup>ns</sup>	
فسفر (میلی گرم در لیتر)	۱۰	پهن‌برگ	۰/۱۸۴		
		آمیخته	۰/۲۳۶		
		سوزنی‌برگ		۰/۴۴۸	
		sig	۰/۳۸۶ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	
نیتروژن	۱۰	پهن‌برگ	۱/۹۴۰		
		آمیخته	۴/۴۹۹		
		سوزنی‌برگ		۴/۶۷۰	
		sig	۰/۳۶۴ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	
کربن آلی	۱۰	پهن‌برگ	۶/۴۰۰		
		آمیخته	۶/۸۲۰		
		سوزنی‌برگ		۷/۱۹۰	
		sig	۰/۱۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۶۳ <sup>ns</sup>	
دما (سانتی گراد)	۱۰	پهن‌برگ	۱۵/۶۲۳		
		آمیخته		۱۷/۴۹۰	
		سوزنی‌برگ		۱۷/۵۲۴	
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۹۲۴ <sup>ns</sup>	
رطوبت خاک	۱۰	پهن‌برگ	۰/۷۰۰		
		آمیخته	۱/۷۰۰		
		سوزنی‌برگ		۲/۳۰۰	
		sig	۰/۰۹۹ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۵ <sup>ns</sup>	

<sup>ns</sup> معناداری در سطح ۱ درصد، \* معناداری در سطح ۵ درصد و <sup>ns</sup> عدم معناداری

پهن‌برگ و آمیخته در فصل رویش تفاوت معناداری وجود دارد ( $0.05 < sig$ ). همچنین مقدار sig برای مولفه‌های، شانون - مارگالف، بیوماس ( $2mg/cm$ )، بیوماس ( $2mg/m$ )، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، فسفر، رطوبت و دما بزرگتر از مقدار خطا به دست آمده است. در نتیجه اختلاف معناداری بین این شاخص‌ها در توده سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و آمیخته در فصل رویش وجود ندارد ( $0.05 > sig$ ).

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه به منظور مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی برای توده پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در فصل رویش به شرح جدول زیر است.

بر اساس نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه مقدار sig برای مولفه‌های سیمپسون، یکنواختی (پیلو)، منهنینگ، شن، رس، سیلت، وزن مخصوص ظاهری، نیتروژن و کربن آلی کمتر از مقدار خطا (۵ درصد) است، همچنین در مورد مولفه‌های ذکر شده در توده سوزنی‌برگ،

جدول ۷- نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در فصل رویش

بین گروهی	جمع مربعات	df	میانگین مربعات	آماره F	Sig.
شاخص سیمپسون	۰/۰۷۰	۲	۰/۰۳۵	۳/۴۵۲	۰/۰۴۶*
شاخص شنون وینر	۰/۳۳۶	۲	۰/۱۶۸	۱/۱۸۸	۰/۳۲۰ ns
یکنواختی (پیلو)	۰/۴۲۱	۲	۰/۲۱۰	۱۲/۶۶۷	۰/۰۰۰**
شاخص منهنیک	۰/۰۲۰	۲	۰/۰۱۰	۰/۶۴۲	۰/۰۴۰**
شاخص مارگالف	۰/۱۲۴	۲	۰/۰۶۲	۰/۶۱۱	۰/۵۵۰ ns
بیوماس (۲mg/cm)	۰/۰۴۲	۲	۰/۰۲۱	۰/۴۴۳	۰/۶۴۷ ns
بیوماس (۲mg/m)	۴۱۶/۲۰۳	۲	۲۰۸/۱۰۱	۰/۴۴۳	۰/۶۴۷ ns
شن	۱۸۱۰/۴۰۰	۲	۹۰۵/۲۰۰	۲۰/۲۲۵	۰/۰۰۰**
رس	۱۲۵۳/۰۶۷	۲	۶۲۶/۵۳۳	۲۱/۴۲۴	۰/۰۰۰**
سیلت	۳۴۵۷/۰۶۷	۲	۱۷۲۸/۵۳۳	۵۲/۰۶۴	۰/۰۰۰**
وزن مخصوص ظاهری	۰/۰۷۵	۲	۰/۰۳۷	۴/۹۲۰	۰/۰۱۵**
واکنش خاک	۰/۰۰۵	۲	۰/۰۰۲	۰/۶۰۵	۰/۵۵۳ ns
هدایت الکتریکی (میلی مو بر سانتی متر)	۰/۱۲۴	۲	۰/۰۶۲	۱/۹۲۴	۰/۱۶۵ ns
فسفر (میلی گرم بر لیتر)	۰/۶۵۰	۲	۰/۳۲۵	۱/۵۳۷	۰/۲۳۳ ns
نیتروژن	۰/۲۷۷	۲	۰/۱۳۹	۱۲/۲۶۸	۰/۰۰۰**
کربن آلی	۳۰/۵۸۴	۲	۱۵/۲۹۲	۱۲/۵۱۰	۰/۰۰۰**
دماخاک (سانتی گراد)	۳/۶۱۷	۲	۱/۸۰۸	۲/۵۷۸	۰/۰۹۴ ns
رطوبت خاک	۱۵/۷۷۶	۲	۷/۸۸۸	۱/۰۸۱	۰/۳۵۴ ns

\*\*معناداری در سطح ۱ درصد، \* معناداری در سطح ۵ درصد و ns: عدم معناداری

تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد ( $\text{sig} > 0/05$ )، شاخص سیمپسون، منهنیک، یکنواختی (پیلو)، شن و دما توده پهن‌برگ در فصل رویش در گروه ۱ و توده سوزنی‌برگ و آمیخته در گروه ۲ قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد ( $\text{sig} > 0/05$ ). همچنین بر اساس نتایج، عنصر سیلت نیز، توده پهن‌برگ در گروه ۱، توده آمیخته در گروه ۲ و توده سوزنی‌برگ در گروه ۳ قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد ( $\text{sig} > 0/05$ ).

نتایج حاصل از آزمون دانکن به این شرح است. مولفه‌های رس، وزن مخصوص ظاهری، نیتروژن و کربن آلی توده پهن‌برگ و آمیخته در فصل رویش در گروه ۱ و توده سوزنی‌برگ در گروه ۲ قرار می‌گیرد. همچنین، مولفه‌های یکنواختی (پیلو)، شنون، مارگالف، بیوماس (بیوماس  $\text{mg/m}^2$ )، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، فسفر و رطوبت توده پهن‌برگ، آمیخته و سوزنی‌برگ در فصل رویش در یک گروه (گروه یک) قرار می‌گیرند و بین این سه

جدول ۸ - نتایج آزمون دانکن در فصل رویش

مولفه	تعداد	تیمارها	۱	۲	۳
سیمپسون	۱۰	پهن برگ	۰/۶۹۸		
		آمیخته		۰/۷۹۵	
		سوزنی برگ		۰/۸۰۴	
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۸۴۰ <sup>ns</sup>	
شانون	۱۰	پهن برگ	۱/۶۲۴		
		آمیخته	۱/۷۷۵		
		سوزنی برگ	۱/۸۸۲		
		sig	۰/۱۵۸ <sup>ns</sup>		
یکنواختی (پیلو،)	۱۰	پهن برگ	۰/۶۱۰		
		آمیخته		۰/۸۱۳	
		سوزنی برگ		۰/۸۹۰	
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۸۹ <sup>ns</sup>	
شاخص منهنینگ	۱۰	پهن برگ	۰/۱۵۷		
		آمیخته		۰/۲۰۷	
		سوزنی برگ		۰/۲۱۵	
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۷۳۹ <sup>ns</sup>	
شاخص مارگالف	۱۰	پهن برگ	۰/۸۶۹		
		آمیخته	۰/۹۷۲		
		سوزنی برگ	۱/۰۲۴		
		sig	۰/۳۱۴ <sup>ns</sup>		
بیوماس (۲mg/cm)	۱۰	پهن برگ	۰/۱۳۵		
		آمیخته	۰/۱۸۰		
		سوزنی برگ	۰/۲۲۶		
		sig	۰/۳۸۳ <sup>ns</sup>		
بیوماس (۲mg/m)	۱۰	پهن برگ	۱۳/۵۳۷		
		آمیخته	۱۷/۹۹۹		
		سوزنی برگ	۲۲/۶۶۰		
		sig	۰/۳۸۳ <sup>ns</sup>		
شن	۱۰	پهن برگ	۲۹/۶۰۰		
		آمیخته		۴۳/۰۰۰	
		سوزنی برگ		۴۸/۰۰۰	
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۶ <sup>ns</sup>	
رس	۱۰	پهن برگ	۱۴/۸۰		
		آمیخته	۱۶/۸۰		
		سوزنی برگ		۲۹/۴۰۰	
		sig	۰/۴۱۵ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	
سیلت	۱۰	پهن برگ	۲۷/۶۰		
		آمیخته		۳۷/۲۰۰	
		سوزنی برگ		۵۳/۶۰۰	
		sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>

ادامه جدول ۸

	۱/۳۷۷	پهن‌برگ		
	۱/۴۳۲	آمیخته	۱۰	وزن مخصوص ظاهری
	۱/۴۹۹	سوزنی‌برگ		
	۰/۰۹۷ <sup>ns</sup>	sig		
	۷/۵۴۲	پهن‌برگ		
	۷/۵۶۸	آمیخته	۱۰	واکنش خاک
	۷/۵۶۸	سوزنی‌برگ		
	۰/۳۷۷ <sup>ns</sup>	sig		
	۰/۷۴۹	پهن‌برگ		
	۰/۷۵۰	آمیخته	۱۰	هدایت الکتریکی ( میلی موس بر سانتیمتر)
	۰/۸۸۶	سوزنی‌برگ		
	۰/۱۱۸ <sup>ns</sup>	sig		
	۶/۲۵۰	پهن‌برگ		
	۶/۳۵۰	آمیخته	۱۰	فسفر (میلی گرم در لیتر)
	۶/۶۰۰	سوزنی‌برگ		
	۰/۱۱۸ <sup>ns</sup>	sig		
	۰/۲۰۷	پهن‌برگ		
	۰/۲۲۹	آمیخته	۱۰	نیترژن
	۰/۴۲۱	سوزنی‌برگ		
	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	sig		
	۲/۲۷۰	پهن‌برگ		
	۲/۵۳۰	آمیخته	۱۰	کربن آلی
	۴/۵۳۰	سوزنی‌برگ		
	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	sig		
	۲۱/۵۷۰	پهن‌برگ		
	۲۱/۹۷۰	آمیخته	۱۰	دماخاک (سانتی گراد)
	۲۲/۴۲۰	سوزنی‌برگ		
	۰/۲۴۰ <sup>ns</sup>	sig		
	۰/۶۶۲	پهن‌برگ		
	۹/۷۵۰	آمیخته	۱۰	رطوبت خاک
	۱۰/۴۲۲	سوزنی‌برگ		
	۰/۱۸۰ <sup>ns</sup>	sig		

\*\*معناداری در سطح ۱ درصد، \* معناداری در سطح ۵ درصد و ns: عدم معناداری

سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و آمیخته در طول یکسال تفاوت معناداری وجود دارد ( $\text{sig} < 0/05$ ). همچنین مقدار sig برای مولفه‌های، شانون، یکنواختی (پیلو)، منهنیک، مارگالف بیوماس ( $2\text{mg/cm}$ )، بیوماس ( $2\text{mg/m}$ )، واکنش خاک و رطوبت بزرگتر از مقدار خطا به دست آمده است. در نتیجه اختلاف معناداری بین این شاخص‌ها در توده سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و آمیخته در طول یکسال وجود ندارد ( $\text{sig} > 0/05$ ).

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه به منظور مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی برای توده پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در طول یکسال به شرح جدول زیر است. بر این اساس مقدار sig برای مولفه‌های سیمپسون، شن، رس، سیلت، وزن مخصوص ظاهری، هدایت الکتریکی، فسفر، نیترژن، کربن آلی و دما کمتر از مقدار خطا (۵ درصد) است؛ لذا در زمینه مولفه‌های ذکر شده در توده

جدول ۹- نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در طول یکسال

Sig.	F	میانگین مربعات	df	جمع مربعات	بین گروهی
۰/۰۴۰ <sup>*</sup>	۳/۶۳۵	۰/۳۵۴	۲	۰/۷۰۹	شاخص سیمپسون
۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۳/۲۸۱	۱/۵۲۴	۲	۳/۰۴۹	شاخص شنون وینر
۰/۸۵۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۶۱	۰/۰۳۰	۲	۰/۰۶۰	یکنواختی(پیلو)
۰/۳۶۳ <sup>ns</sup>	۱/۰۵۱	۰/۰۱۰	۲	۰/۰۱۹	شاخص منهینک
۰/۱۲۷ <sup>ns</sup>	۲/۲۲۵	۰/۳۷۲	۲	۰/۷۴۳	شاخص مارگالف
۰/۵۷۳ <sup>ns</sup>	۰/۵۶۸	۰/۰۲۶	۲	۰/۰۵۳	۲)mg/cm بیوماس
۰/۵۷۳ <sup>ns</sup>	۰/۵۶۸	۲۶۳/۶۰۸	۲	۵۲۷/۲۱۶	۲)mg/m بیوماس
۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۲/۲۳۰	۲۳۳/۱۰۰	۲	۴۶۶/۲۰۰	شن
۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۸/۰۸۹	۳۸۷/۲۳۳	۲	۷۷۴/۴۶۷	رس
۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۵۰/۱۱۷	۱۰۷۸/۴۳۳	۲	۲۱۵۶/۸۶۷	سیلت
۰/۰۰۸ <sup>**</sup>	۵/۷۹۹	۰/۰۲۴	۲	۰/۰۴۷	وزن مخصوص ظاهری
۰/۱۷۸ <sup>ns</sup>	۱/۸۳۹	۰/۰۰۵	۲	۰/۰۱۱	واکنش خاک
۰/۰۲۹ <sup>*</sup>	۴/۰۷۰	۰/۰۹۴	۲	۰/۱۸۸	هدایت الکتریکی(میلی موس بر سانتیمتر)
۰/۰۱۳ <sup>*</sup>	۵/۱۸۲	۰/۵۴۱	۲	۱/۰۸۲	فسفر(میلی گرم بر لیتر)
۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۲/۹۹۶	۰/۱۶۵	۲	۰/۳۳۱	نیتروژن
۰/۰۰۰ <sup>**</sup>	۱۳/۱۵۳	۱۷/۹۰۳	۲	۳۵/۸۰۷	کربن آلی
۰/۰۲۳ <sup>*</sup>	۴/۳۸۲	۱/۲۶۵	۲	۲/۵۳۰	دماخاک(سانتی گراد)
۰/۱۳۳ <sup>ns</sup>	۲/۱۷۸	۴/۳۵۵	۲	۸/۷۱۰	رطوبت خاک

\*\*معناداری در سطح ۱ درصد \* معناداری در سطح ۵ درصد ns: عدم معناداری

سوزنی‌برگ در گروه ۲ قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد ( $\text{sig} > 0/05$ ). علاوه بر این، بر اساس نتایج، مولفه سیلت توده پهن‌برگ در گروه ۱، توده آمیخته در گروه ۲ و توده سوزنی‌برگ در گروه ۳ قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد ( $\text{sig} > 0/05$ ).

نتایج حاصل از آزمون دانکن به شرح زیر است: مولفه‌های، یکنواختی(پیلو) و منهینک، و شاخص مارگالف، (بیوماس/mg)، واکنش خاک و رطوبت، توده پهن‌برگ، آمیخته و سوزنی‌برگ در گروه ۱ قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد ( $\text{sig} > 0/05$ ).

همچنین بر اساس نتایج، مولفه‌های رس، نیتروژن و کربن آلی توده پهن‌برگ و آمیخته در گروه ۱ و توده

جدول ۱۰- نتایج آزمون دانکن در طول یکسال

مولفه	تعداد	تیمارها	۱	۲	۳
سیمپسون	۱۰	پهن‌برگ	۰/۸۸۹		
		آمیخته	۱/۰۳۵	۱/۰۳۵	
		سوزنی‌برگ	۱/۲۶۳		
		Sig	۰/۳۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۴ <sup>ns</sup>	
شانون	۱۰	پهن‌برگ	۱/۹۰۸		
		آمیخته	۲/۱۴۴	۲/۱۴۴	
		سوزنی‌برگ	۲/۶۷۱		
		sig	۰/۴۴۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۹۵ <sup>ns</sup>	
یکنواختی (پیلو،)	۱۰	پهن‌برگ	۱/۳۸۵		
		آمیخته	۱/۴۰۴		
		سوزنی‌برگ	۱/۴۸۸		
		sig	۰/۶۲۰ <sup>ns</sup>		
شاخص منهنینک	۱۰	پهن‌برگ	۰/۲۶۸		
		آمیخته	۰/۲۶۸		
		سوزنی‌برگ	۰/۳۲۲		
		sig	۰/۲۴۳ <sup>ns</sup>		
شاخص مارگالف	۱۰	پهن‌برگ	۰/۹۰۶		
		آمیخته	۱/۱۳۰		
		سوزنی‌برگ	۱/۲۸۹		
		sig	۰/۰۵۶ <sup>ns</sup>		
بیوماس (۲mg/cm)	۱۰	پهن‌برگ	۰/۱۴۲		
		آمیخته	۰/۱۹۲		
		سوزنی‌برگ	۰/۲۴۵		
		sig	۰/۳۲۴ <sup>ns</sup>		
بیوماس (۲mg/m)	۱۰	پهن‌برگ	۱۴/۲۶۶		
		آمیخته	۱۹/۲۴۰		
		سوزنی‌برگ	۲۴/۵۳۳		
		Sig	۰/۳۲۴ <sup>ns</sup>		
شن	۱۰	پهن‌برگ	۳۱/۷۰۰		
		آمیخته	۳۷/۴۰۰		
		سوزنی‌برگ	۴۱/۳۰۰		
		Sig	۰/۰۵۶	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	
رس	۱۰	پهن‌برگ	۱۵/۶۰۰		
		آمیخته	۱۶/۵۰۰		
		سوزنی‌برگ	۲۶/۸۰۰		
		Sig	۰/۶۶۷ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	
سیلت	۱۰	پهن‌برگ	۳۱/۹۰۰		
		آمیخته	۴۷/۰۰۰		
		سوزنی‌برگ	۵۱/۸۰۰		
		Sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>

ادامه جدول ۱۰

مولفه	تعداد	تیمارها	۱	۲	۳
وزن مخصوص ظاهری	۱۰	پهن برگ	۱/۳۶۲		
		آمیخته		۱/۴۲۴	
		سوزنی برگ		۱/۴۵۸	
		sig	۱/۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۳۸ <sup>ns</sup>	
واکنش خاک	۱۰	پهن برگ	۷/۵۳۲		
		آمیخته	۷/۵۷۲		
		سوزنی برگ	۷/۵۷۲		
		sig	۰/۱۲۵ <sup>ns</sup>		
هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی متر)	۱۰	پهن برگ	۰/۷۵۱		
		آمیخته	۰/۸۴۶	۰/۸۴۶	
		سوزنی برگ		۰/۹۴۵۰	
		sig	۰/۱۷۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۹ <sup>ns</sup>	
فسفر (میلی گرم در لیتر)	۱۰	پهن برگ	۵/۱۹۰		
		آمیخته	۵/۴۳۰	۵/۴۳۰	
		سوزنی برگ		۵/۶۵۵	
		sig	۰/۱۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۳۱ <sup>ns</sup>	
نیترژن	۱۰	پهن برگ	۰/۱۹۵		
		آمیخته	۰/۲۳۲		
		سوزنی برگ		۰/۴۳۴	
		sig	۰/۴۷۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	
کربن آلی	۱۰	پهن برگ	۲/۱۰۵		
		آمیخته	۲/۵۱۴		
		سوزنی برگ		۴/۶۰۰	
		sig	۰/۴۳۹ <sup>ns</sup>	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	
دما خاک (سانتی گراد)	۱۰	پهن برگ	۱۳/۹۸۵		
		آمیخته		۱۴/۵۸۰	
		سوزنی برگ		۱۴/۶۲۰	
		Sig	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۸۶۹ <sup>ns</sup>	
رطوبت خاک	۱۰	پهن برگ	۱۲/۶۸۶		
		آمیخته	۱۳/۰۷۶		
		سوزنی برگ	۱۳/۹۷۳		
		Sig	۰/۰۶۴ <sup>ns</sup>		

\*\*معناداری در سطح ۱ درصد، \* معناداری در سطح ۵ درصد و ns: عدم معناداری

پهن برگ، سوزنی برگ و آمیخته بین غنا، یکنواختی (پیلو) و تنوع زیستی در فصل رویش و استراحت تفاوت معناداری وجود دارد ( $\text{sig} < 0/05$ ) (جدول ۱۱ الی ۱۳).

نتایج حاصل از آزمون T جفتی برای مقایسه غنا، یکنواختی و تنوع زیستی ماکروفون خاک در سه توده پهن برگ، سوزنی برگ و آمیخته در فصل رویش و استراحت در منطقه حفاظت شده گنو نشان داد در هر سه توده

جدول ۱۱- مقایسه شاخص های غنا، یکنواختی و تنوع زیستی در فصل رویش و استراحت در توده پهن برگ

Sig	آماره T	درجه آزادی	انحراف معیار	فصل	شاخص
۰.۰۰۶**	۲.۹۹	۲۰	۰.۰۱۳	رویش استراحت	غنا
۰.۰۰۷**	۲.۸۶	۲۰	۰.۰۱۵	رویش استراحت	غنا ی منهنیک
۰.۰۰۴**	۲.۷۸	۲۰	۰.۰۱۳	رویش استراحت	غنا ی مارگالف
۰.۰۰۱**	۳.۰۵	۲۰	۰.۰۱۷	رویش استراحت	یکنواختی
۰.۰۰۳**	۲.۹۸	۲۰	۰.۱۱۱	رویش استراحت	یکنواختی پیلو
۰.۰۰۲**	۳.۰۰	۲۰	۰.۰۷۶	رویش استراحت	یکنواختی هیل
۰.۰۰۰**	۳.۱۶	۲۰	۰.۰۴۲	رویش استراحت	تنوع زیستی
۰.۰۰۱**	۲.۹۹	۲۰	۰.۱۲۳	رویش استراحت	سیمپسون
۰.۰۰۰**	۳.۰۲	۲۰	۰.۰۲۱	رویش استراحت	شانون

جدول ۱۲- مقایسه شاخص های غنا، یکنواختی و تنوع زیستی در فصل رویش و استراحت در توده سوزنی برگ

Sig	آماره T	درجه آزادی	انحراف معیار	فصل	شاخص
۰.۰۰۰**	۲.۰۳	۲۰	۰.۰۱۴	رویش استراحت	غنا
۰.۰۰۱**	۲.۲۸	۲۰	۰.۰۳۲	رویش استراحت	غنا ی منهنیک
۰.۰۰۱**	۲.۵۳	۲۰	۰.۰۱۹	رویش استراحت	غنا ی مارگالف
۰.۰۰۰**	۲.۸۱	۲۰	۰.۱۱۸	رویش استراحت	یکنواختی
۰.۰۰۱**	۲.۶۸	۲۰	۰.۰۱۹	رویش استراحت	یکنواختی پیلو
۰.۰۰۳**	۲.۹۲	۲۰	۰.۱۲۳	رویش استراحت	یکنواختی هیل
۰.۰۰۱**	۳.۴۲	۲۰	۰.۱۰۳	رویش استراحت	تنوع زیستی
۰.۰۰۱**	۳.۰۱	۲۰	۰.۱۱۱	رویش استراحت	سیمپسون
۰.۰۰۳**	۲.۹۸	۲۰	۰.۰۹۷	رویش استراحت	شانون

\*\*معناداری در سطح ۱ درصد \* معناداری در سطح ۵ درصد :ns عدم معناداری

جدول ۱۳- مقایسه شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع زیستی در فصل رویش و استراحت در توده آمیخته

شاخص	فصل	انحراف معیار	درجه آزادی	آماره T	Sig
غنا	رویش استراحت	۰.۲۷۷	۲۰	۳.۰۶	۰.۰۰۱**
غنای منهنیک	رویش استراحت	۰.۰۷۴	۲۰	۲.۸۹	۰.۰۰۱**
غنای مارگالف	رویش استراحت	۰.۰۴۷	۲۰	۲.۹۹	۰.۰۰۳**
یکنواختی	رویش استراحت	۰.۲۱۴	۲۰	۲.۰۹	۰.۰۰۱**
یکنواختی پیلو	رویش استراحت	۰.۱۱۲	۲۰	۲.۲۱	۰.۰۰۱**
یکنواختی هیل	رویش استراحت	۰.۰۹۸	۲۰	۲.۶۸	۰.۰۰۳**
تنوع زیستی	رویش استراحت	۰.۲۱۴	۲۰	۲.۲۹	۰.۰۰۷**
سیمپسون	رویش استراحت	۰.۱۶۷	۲۰	۲.۸۴	۰.۰۰۹**
شانون	رویش استراحت	۰.۰۹۴	۲۰	۲.۶۸	۰.۰۰۶**

\*\*معناداری در سطح ۱ درصد، \* معناداری در سطح ۵ درصد و NS: عدم معناداری

### بحث و نتیجه گیری

جنگل به عنوان یک مجموعه مهم و حیاتی فراتر از یک توده درختی است و در اصل اکوسیستمی پیچیده است که متشکل از ساختارهایی با لایه‌های مختلف عملکردی است. توالی طبیعی و تغییر نوع کاربری زمین به وسیله انسان‌ها باعث تغییر در ترکیب گونه‌های گیاهی و ساختار پوشش گیاهی می‌گردد که این فرآیند باعث تغییر در کیفیت و کمیت تاج پوشش درختان و به دنبال آن لاشبرگ آنها گشته و در نهایت بر جوامع جانوران خاک تأثیر می‌گذارد (Yang and Chen, 2009). ماکروفون خاک به عنوان دسته مهمی از جانداران خاکریز از اهمیت بسیار در چرخه مواد غذایی و انرژی برخوردارند و اثرات مهمی روی پویایی مواد آلی و روند تجزیه در خاک دارند (Barrios, 2007). به‌طور کلی، مواد آلی خاک سبب ایجاد یک ساختمان مطلوب در خاک می‌شوند و به آن برای جذب و نگهداری آب و مواد مغذی کمک می‌کنند. ماده آلی با فراهم کردن انرژی (از طریق ترکیبات حاوی کربن، نیتروژن برای تشکیل پروتئین) و فسفر، رشد و نمو موجودات زنده خاک را تسهیل می‌کند و از این طریق

سبب افزایش جمعیت ماکروفون می‌شود (مهرافروز ملی‌وان و شالی‌ان مهر، ۱۳۹۴).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد بین شاخص غنای گونه‌ای در فصل رویش و استراحت در هر سه توده پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته تفاوت معناداری وجود دارد. در همین راستا مطالعه ژورج و همکاران (George et al., 2019) نشان می‌دهد غنای ماکروفون‌های خاک در زیستگاه‌های مختلف روندهای متفاوتی را دنبال می‌کند و تحت تأثیر خصوصیات خاک قرار می‌گیرد، که با نتایج تحقیق حاضر در یک راستا قرار دارد. همچنین در مطالعه نیلسن و همکاران (Nielsen et al., 2015) آمده است که تنوع زیستی خاک در رویشگاه‌ها و پوشش‌های گیاهی مختلف متفاوت بوده و با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک رابطه معناداری دارد که این نتایج نیز با یافته‌های تحقیق حاضر همسو است. نتایج محمدی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی در مناطق مختلف دارای اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد هستند که با نتایج تحقیق حاضر در یک راستا قرار دارد. شاخص‌های غنای

## منابع

- اجتهادی، ح.، سپهری، ع.، عکافی، ح.، ۱۳۸۸. روش‌های اندازه‌گیری تنوع زیستی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۲۶ صفحه.
- امیری، ا.، عرفانزاده، ر.، پوری، ا.، امیدی پور، ر. ۱۳۹۵. استفاده از تجزیه به روش جمعی در مطالعه اثر جهت و ارتفاع از سطح دریا بر مولفه‌های تنوع آلفا، بتا و گاما (مطالعه موردی منطقه حفاظت شده گنو استان هرمزگان) فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۳(۳): ۶۶۰-۶۴۵.
- سلطانی پور، م. ا. ۱۳۸۴. گیاهان دارویی منطقه حفاظت شده گنو، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۶۸: ۴۰-۲۷.
- صمدزاده، ب.، کوچ، ی.، حسینی، س. م. ۱۳۹۵. اثر پوشش‌های درختی بر شاخص‌های زیستی خاک سطحی در یک اکوسیستم جنگلی جلگه ای. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۳(۵): ۱۲۱-۱۰۵.
- محمدی، خ.، ترکش اصفهانی، م.، محمودی، ط.، وهابی، م. ر. ۱۳۹۳. مقایسه شاخص‌های تنوع و غنای گونه ای در سه سطح مدیریت چرائی منطقه حفاظت شده بیجار استان کردستان، اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار، تهران.
- مهرافروز می‌وان، م.، شالی‌ان مهر، م. ۱۳۹۴. بررسی فونستی‌ک و تنوع و تراکم جمعیت هزارپایان (Diplopoda) خاکزی طی فصول مختلف سال در جنگل سمسکنده مازندران، پژوهش‌های حفاظت گیاهی‌ان ای‌ران، ۲۹(۱): ۱۲۲-۱۱۳.
- Aksoy, E., Louwagie, G., Gardi, C., Gregor, M., Schröder, C., Löhnertz, M. 2017. Assessing soil biodiversity potentials in Europe. *Science of the Total Environment*, 589: 236-249.
- Amazonas, N. T., Viani, R. A. G., Rego, M. G. A., Camargo, F. F., Fujihara, R. T., Valsechi, O. A. 2018. Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil. *Brazilian journal of biology*, 78(3): 449-456.
- Bach, E. M., Wall, D. H. 2018. Trends in global biodiversity: soil biota and processes.
- منهینیک و مارگالف، تنوع زیستی شانون- وینر و سیمپسون و یکنواختی پیلو و هیل در فصل رویش به‌طور معناداری بیشتر از فصل استراحت بوده‌اند. بنابراین نتایج این پژوهش در این زمینه با نتایج محمدی و همکاران (۱۳۹۳) همسو است.
- یافته‌ها نشان داد در توده سوزنی‌برگ و پهن‌برگ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک متفاوت بوده است و تفاوت معناداری در بسیاری از این خصوصیات با نوع توده وجود دارد. در همین راستا نتایج صمدزاده و همکاران (۱۳۹۵) نیز نشان داده است که همبستگی بین مشخصه‌های زیستی با پارامترهای فیزیک و شیمیایی خاک بیانگر تأثیر بیش‌تر شاخص‌های شیمیایی خاک بر پارامترهای زیستی است که با نتایج پژوهش پیش‌رو همسو است. نتایج این مطالعه حاکی از تغییرات معنی‌دار ماکروفون‌های خاک در توده‌های مختلف است که می‌تواند در نتیجه واکنش این موجودات خاکزی به تغییرپذیری مشخصه‌های کیفی خاک باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد حضور درختان جنگلی ارس و بادام (سوزنی‌برگان و پهن‌برگان)، تأثیر متفاوت قابل توجهی بر شاخص‌های زیستی و همچنین خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک دارد. به‌طور کلی شاخص‌های تنوع گونه ای مفسر خوبی برای ارزیابی اقدامات مدیریتی در اکوسیستم‌های طبیعی محسوب می‌شوند. این شاخص‌ها باید به‌عنوان یکی از عوامل سنجش پایداری اکوسیستم‌ها، نوسانات یا کاهش آن مورد توجه مدیران منابع طبیعی قرارگیرد.
- از آنجا که کاهش بی‌مهرگان خاک می‌تواند اثرات منفی روی ساختار خاک، روند تجزیه، فرآیند نفوذ و تبادل گازها داشته باشد، می‌تواند رشد گیاهان را مختل کند. بنابراین، در اکولوژی و برنامه‌های حفاظت، مدیریت زیستگاه و ارزیابی اکوسیستم به تعیین شاخص‌های تنوع، غنا و فراوانی این جلنداران نیاز داریم. لذا مطالعه تنوع و تغییرپذیری اجتماع موجودات خاک‌زی در لایه‌های خاک، بررسی ارتباط بین تاج پوشش گیاهی و تنوع زیستی ماکروفون‌های خاک، به محققین آتی پیشنهاد می‌شود.

- three habitats with different grazing intensity (case study: Gardened Zamboni range in Arkansas). *Journal of Rangeland*, 4(1): 104-111.
- Nielsen, U. N., Wall, D. H., Six, J. 2015. Soil biodiversity and the environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 40: 63-90.
- Rhoades, J. D. 1996. Rhoades, J.D. (1996) Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. In: Sparks, R.L., Ed., *Methods for Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods*, Soil Science Society of America, Madison. Pp: 417-435.
- Ribeiro, C., Madeira, M., Araujo. M.C. 2002. Decomposition and nutrient release from leaf litter of *Eucalyptus globulus* grown under different water and nutrient regimes. *Forest Ecology and Management*, 171: 31-41.
- Sileshi, G., Mafongoya, P.L. 2006. Long-term effects of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna and maize yield in eastern Zambia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 115: 69-78.
- Smith, J. L., Doran, J. W. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In: Doran J. W., Jones A. J. Eds. *Methods for Assessing soil quality*. SSSA Species Publication, Madison, WI. Pp: 169-185.
- Trivedi, P., Singh, B. P., Singh, B. K. 2018. Soil carbon: introduction, importance, status, threat, and mitigation. In: Singh B. K. Eds. *Soil Carbon Storage: Modulators, Mechanisms and Modeling*. Pp: 1-28.
- Wu, P., Wang, C. 2019. Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: the significance for soil fauna diversity monitoring. *Geoderma*, 337: 266-272.
- Yang, X., Chen, J. 2009. Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forests, southwestern China. *Soil Biology and Biochemistry*, 41: 910-918.
- Encyclopedia of the Anthropocene*, 3: 125-130
- Barrios, E. 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, 2(24): 269-285.
- Borror, D. J., Triplehorn, C.A., Johnson, N.F., 1989. *An Introduction to Study of Insect*. Saunders Collage Publishing Co., Philadelphia, 864 p.
- Corny, T., Donegal, J., Janacek, S., Retek, M., Valachovi, M., Patria, P., Altman, J., Bartow, M., Song, J.S. 2013. Environmental correlates of plant diversity in Korean temperate forests. *Acta Ecologica*, 47: 37-45.
- Domínguez, A., Jiménez, J. J., Ortíz, C. E., Bedano, J. C. 2018. Soil macrofauna diversity as a key element for building sustainable agriculture in Argentine Pampas. *Acta Oecologica*, 92: 102-116.
- Fadoul Mohammed, S. Elamin, M., 2016. Impact of water harvesting techniques on growth indigenous tree species in jeJebel Awila locality, Sudan. *Global Journal of Science Frontier Research: Agriculture and Veterinary*, 6(3): 42-53.
- Gee, G. W., & Bauder, J. W. 1986. Particle-Size Analysis. In: Klute, A., Ed., *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, Agronomy Monograph No. 9, 2nd Edition, American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, Madison, WI. Pp: 383-411.
- George, P. B., Lallias, D., Creer, S., Seaton, F. M., Kenny, J. G., Eccles, R. M., Jones, D. L. 2019. Divergent national-scale trends of microbial and animal biodiversity revealed across diverse temperate soil ecosystems. *Nature communications*, 10(1): 1-11.
- Khan, M., Ghanaian, G., Kamala Mascon, E., 2011. Comparison between plant species richness and diversity indices along different grazing gradients in southern warm-arid rangelands of Fars. *Journal of Rangeland*, 5(2):129- 136.
- Kadeem Hossain, Z. 2010. Comparison of numerical indices of species diversity in

## Comparison of biological indicators of soil macrofauna during the growing and resting seasons in the protected area of Genu, Hormozgan province.

Maryam Banifatemeh<sup>1</sup>, Hossein Parvaresh<sup>\*2</sup>, Maryam Moslehi<sup>3</sup>, Saber Ghassemi<sup>4</sup>, Abdoolnabi Bagheri<sup>5</sup>

<sup>1</sup> PhD. Candidate, of Biodiversity, Department of Natural Resources Faculty of Environment, Bandar abbas branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Environment, Bandar abbas branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Environment, Bandar abbas branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

<sup>5</sup> Assistant Professor, Department of plant protection Research, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

Received: 2023/01/20; Accepted: 2023/07/15

### Abstract

Soil macrofauna plays a critical role in the development of soil structure and provides a variety of ecological functions. The present study aims to compare the biological index of soil macrofauna in broadleaved, coniferous, and mixed stands during growing and resting seasons in Geno protected area, Hormozgan Province, Iran. After a half-hectare broadleaved stand, a half-hectare coniferous stand, and a half-hectare broadleaf-coniferous (mixed) stand in the Geno protected area were selected to identify the soil macrofauna and measure the physical, chemical, and soil properties and their relationship with soil macrofauna, 10 soil samples were randomly collected from different soil depths under the canopy to a depth of 15 cm, during the growing and resting seasons. The macrofauna were isolated from the soil samples and were then submitted to a laboratory for chemical analysis. Data were analyzed using SPSS26 software. Richness, evenness, and biodiversity indices were compared using *t*-test, and then ANOVA and Duncan tests were run to compare physical and chemical properties of macrofauna soil in growing and resting seasons. The results showed a significant difference in richness, evenness, and biodiversity indices in broadleaved, coniferous, and mixed stands in the growing and resting seasons.

**Keywords:** Physical and chemical properties, Richness, Evenness, Biodiversity

\* Corresponding author: h.parvaresh@iauba.ac.ir