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[1]، حسین پرورش[2*]، مریم مصلحی[3]، صابر قاسمی[4]، عبدالنبی باقری[5]

[1]دانشجوی دکتری تنوع زیستی، گروه محیط زیست،دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندر عباس، بندرعباس، ایران
[2]استادیار، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران
[3] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران
[4] استادیار، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاداسلامی،واحد بندرعباس، بندرعباس، ایران
[5] 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 بوم شناختی 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 ازجنگل گردشی انتخاب توده نیم‌هکتاری پهن‌برگ، توده نیم‌هکتاری سوزنی برگ و توده نیم‌هکتاری پهن‌برگ و سوزنی برگ (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 ۱۵سانتی‌متری، 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 بین غنا، یکنواختی و تنوع زیستی در فصل رویش و استراحت تفاوت معناداری وجود دارد.

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

مقدمه

تنوع زیستی خاک، زمینه مساعدی را برای پیشرفت پایداری‌ها فراهم می‌کند (Bach and Wall, 2018). تنوع زیستی خاک (شامل ارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، تک یاخته‌ها، حشرات، کرم‌ها و سایر بی مهرگان) 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 میزبان متنوع ترین 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

*نویسنده مسئول: h.parvaresh @iauba.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

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 نرم‌تنان 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 (Corny 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 می شود (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. دراین 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 Mafongoya, 2006) بیان داشتند که وارد کردن بقولات در تناوب زراعی ذرت با افزایش تنوع ماکروفون خاک و عملکرد ذرت همراه است. آمازوناس و همکاران (Amazonas et al., 2018) در مطالعه‌ای با عنوان تراکم و تنوع ماکروفون‌های خاک در یک دوره زمانی ترمیم جنگل گرمسیری در جنوب شرقی برزیل، دریافتند تراکم در طول توالی ثانویه افزایش نمی‌یابد، اما با پوشش تاج در ارتباط است. تنوع با غلبه زیاد حشرات اجتماعی و یکنواختی در میان گروه‌های دیگر مشخص می‌شود. همچنین ماکروفون-های خاک دارای ظرفیت زیادی برای بازنگری در جنگل‌های جوان است و بازیابی آن در مقایسه با سایر تحولات اکوسیستم بسیار سریع است. دومینگویز و همکاران (Dominguez et al., 2018) به بررسی تنوع ماکروفون خاک در پامپاس آرژانتین پرداختند. این مطالعه تایید می-کند که تنوع زیستی در خاک منطقه پامپاس از بین رفته است، که به معنی تهدید احتمالی ظرفیت خاک برای انجام فرایندهایی است که عملکرد خاک و بهره وری گیاهان را حفظ می‌کنند.

وو و وانگ (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 حساس‌تر 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 حساس‌تر بود. بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد به علت نبود اطلاعات این موجودات در منطقه حفاظت‌شده گنو، در این پژوهش برای اولین‌بار غنا، تنوع زیستی و یکنواختی ماکروفون خاک در فصل رویش و استراحت در سه توده سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و آمیخته بررسی شد، به‌طوری‌که ضمن شناسایی

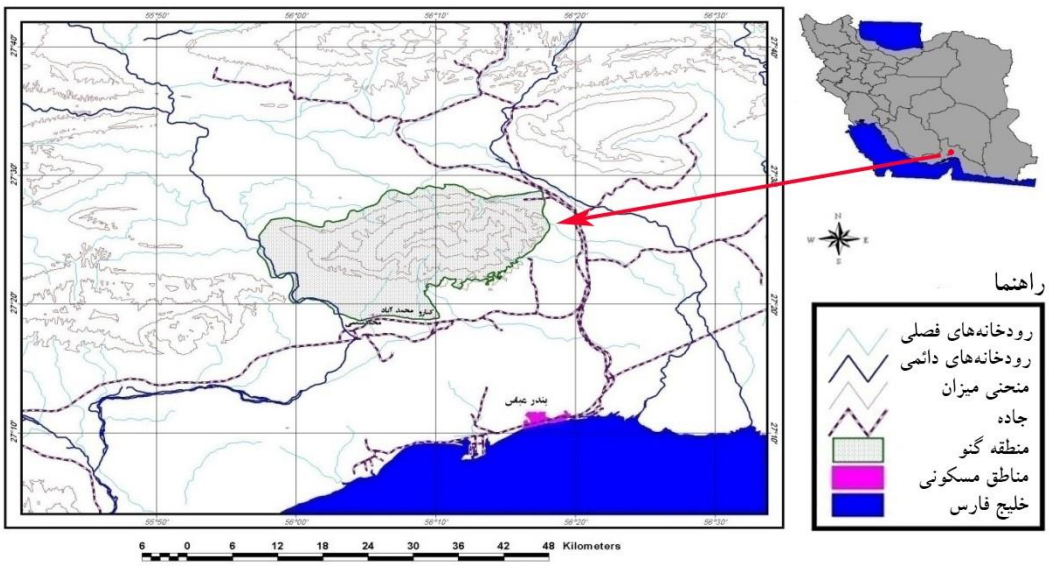
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

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 می توان 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 می کند.

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. ازنظر موقعیت جغرافیایی این منطقه در فاصله "۲۹‘۱۶ ° ۲۷ عرض شمالی و "۴‘۱۸ ° ۵۶ 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 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. پوشش‌گیاهی 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 گنوئی 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).



شکل ۱- موقعیت کوه گنو در ایران

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

پس از جنگل‌گردشی در ذخیره‌گاه در ارتفاع ۲۲۰۰ متر،یک توده نیم‌هکتاری سوزنی برگ، توده نیم هکتاری پهن‌برگ و توده نیم هکناری از درختان سوزنی و پهن‌برگ (آمیخته) مشخص گردید. ۱۰ نقطه به‌صورت تصادفی در توده هابی 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 ودر الکل ۷۰٪ قرار گفت، 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 وزن‌تر 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 کجلدال، فسفر با روش اولسون ری‌بی‌رو و همکاران (Ribeiro et al., 2002)، اسی‌دی‌ته با روش پتانسی‌ومتری با استفاده از pH متر اسمی‌ت و همکاران (Smith & Doran 1996)، بافت خاک به روش هیدرومتری بایکاس، و وزن مخصوص ظاهری 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. عکس‌برداری از ماکروفون‌های برداشت شده ازخاک توسط دوربین Digital Eei Mecroscop انجام گرفت.

پس از شناسایی ماکروفون با استفاده از کلید شناسایی Borror (Borror 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) باآزمون 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 (منهینیک و مارگالف) و یکنواختی (پیلوو هیل) با استفاده از نرم افزار Past3 استفاده شد(جدول۱).

جدول ۱- رابطه شاخص‌های غنا، تنوع زیستی و یکنواختی

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

نتایج

سه توده پهن‌برگ (بادام)، سوزنی‌برگ (ارس) و آمیخته در فصل رویش در منطقه حفاظت‌شده گنو به شرح جداول ۲ تا ۴، شناسایی شدند:

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

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

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

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

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

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

				خانواده آمیخته	
Clubionidae	*Chrysomelidae*	*Carabidae*	*Armadillidiidae*	*Anthocoridae*	***Acrididae***
Erebidae	*Embiidae*	*Elateridae*	*Cydnidae*	*Curculionidae*	***Coccinellidae***
		Ixodidae	*Geometridae*	***Lygaeidae***	***Formicidae***
		Pompilidae	*Pentatomidae*	*Miridae*	***Lepismtida***
			Thomisidae	*Tenebrionidae*	***Scolopocrytoidae***

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)، منهینیک، بیومس، وزن مخصوص ظاهری و واکنش خاک بزرگتر از مقدار خطا به دست آمده است. در نتیجه اختلاف 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 > ۰/۰۵). 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 > ۰/۰۵). همچنین بر اساس نتایج، مولفه شن، توده پهن‌برگ و آمیخته در گروه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

۱ و توده سوزنی‌برگ در گروه ۲ قرار می‌گیرند و بین این .
سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد (sig > ۰/۰۵).

جدول ۵- نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در فصل استراحت

بین گروهی	جمع مربعات	df	میانگین مربعات	Fآماره	Sig.
شاخص سیمپسون	۰/۶۸۸	۲	۰/۳۴۴	۴/۳۷۲	۰/۰۱۵*
شاخص شنون وینر	۲/۱۷۳	۲	۱/۰۸۷	۴/۹۱۷	۰/۰۱۵*
یکنواختی(پیلو)	۰/۴۵۶	۲	۰/۲۲۸	۱/۰۲۶	۰/۳۷۲ ns
منهنینک	۰/۰۲۴	۲	۰/۰۱۲	۲/۵۷۷	۰/۰۹۵ ns
شاخص مارگالف	۰/۲۶۲	۲	۰/۱۳۱	۵/۲۱۲	۰/۰۱۲*
بیوماس (۲mg/cm)	۰/۰۰۱	۲	۰/۰۰۰	۱/۷۳۸	۰/۱۹۵ ns
بیوماس (۲mg/m)	۶/۵۶۸	۲	۳/۲۸۴	۱/۷۳۸	۰/۱۹۵ ns
شن	۸۲۱/۶۰۰	۲	۴۱۰/۸۰۰	۱۰/۹۶۴	۰/۰۰۱**
رس	۴۱۶/۲۶۷	۲	۲۰۸/۱۳	۳/۷۶۲	۰/۰۳۶*
سیلت	۲۲۰۳/۴۶۷	۲	۱۱۰۱/۷۳۳	۶۸۲/۲۴	۰/۰۰۰**
وزن مخصوص ظاهری	۰/۰۳۲	۲	۰/۰۱۶	۲/۴۶۲	۰/۱۰۴ ns
واکنش خاک	۰/۰۲۰	۲	۰/۰۱۰	۳/۴۷۳	۰/۰۴۵*
هدایت الکتریکی(میلی موس بر سانتی متر)	۰/۳۴۷	۲	۰/۱۷۳	۷/۰۳۳	۰/۰۰۳**
فسفر(میلی گرم برلیتر)	۱/۷۳۶	۲	۰/۸۶۸	۶/۱۳۷	۰/۰۰۶**
نیتروژن	۰/۳۹۱	۲	۰/۱۹۶	۱۱/۲۴۴	۰/۰۰۰**
کربن آلی	۴۱/۵۹۵	۲	۲۰/۷۹۸	۱۱/۳۳۶	۰/۰۰۰**
دما خاک(سانتی گراد)	۳/۱۲۵	۲	۱/۵۶۲	۴/۷۰۵	۰/۰۱۸*
رطوبت خاک	۲۳/۶۶۹	۲	۱۱/۸۳۴	۱۹/۱۰۲	۰/۰۰۰**

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

ادامه جدول ۶

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

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

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[1]، 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، پهن‌برگ و آمیخته در فصل رویش تفاوت معناداری وجود دارد (sig < ۰/۰۵). همچنین مقدار sig برای مولفه‌های، شانون _ مارگالف، بیوماس (۲mg/cm)، بیوماس (۲mg/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 (sig > ۰/۰۵).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

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	/۰۴۰**
شاخص مارگالف	۰/۱۲۴	۲	۰/۰۶۲	۰/۶۱۱	۰/۵۵۰ns
بیوماس (۲mg/cm)	۰/۰۴۲	۲	۰/۰۲۱	۰/۴۴۳	۰/۶۴۷ns
بیوماس (۲mg/m)	۴۱۶/۲۰۳	۲	۲۰۸/۱۰۱	۰/۴۴۳	۰/۶۴۷ns
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	۰/۵۵۳ns
هدایت الکتریکی(میلی مو برسانتی متر)	۰/۱۲۴	۲	۰/۰۶۲	۱/۹۲۴	۰/۱۶۵ns
فسفر(میلی گرم برلیتر)	۰/۶۵۰	۲	۰/۳۲۵	۱/۵۳۷	۰/۲۳۳ns
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	۰/۰۹۴ns
رطوبت خاک	۱۵/۷۷۶	۲	۷/۸۸۸	۱/۰۸۱	۰/۳۵۴ns

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

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)، شانون، مارگالف، بیوماس (بیوماس (mg/m2)، 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 تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد (sig > ۰/۰۵)، شاخص سیمپسون، منهینیک، 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 (sig > ۰/۰۵). 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 (sig > ۰/۰۵).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

جدول ۸ - نتایج آزمون دانکن در فصل رویش

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

ادامه جدول ۸

وزن مخصوص ظاهری	۱۰	پهن‌برگ	۱/۳۷۷	
		آمیخته	۱/۴۳۲	۱/۴۳۲
		سوزنی‌برگ		۱/۴۹۹
		sig	۰/۱۶۹^{ns}	۰/۰۹۷^{ns}
واکنش خاک	۱۰	پهن‌برگ	۷/۵۴۲	
		آمیخته	۷/۵۶۸	
		سوزنی‌برگ	۷/۵۶۸	
		sig	۰/۳۷۷^{ns}	
هدایت الکتریکی(میلی موس بر سانتیمتر)	۱۰	پهن‌برگ	۰/۷۴۹	
		آمیخته	۰/۷۵۰	
		سوزنی‌برگ	۰/۸۸۶	
		sig	۰/۱۱۸^{ns}	
فسفر(میلی گرم در لیتر)	۱۰	پهن‌برگ	۶/۲۵۰	
		آمیخته	۶/۳۵۰	
		سوزنی‌برگ	۶/۶۰۰	
		sig	۰/۱۱۸^{ns}	
نیتروژن	۱۰	پهن‌برگ	۰/۲۰۷	
		آمیخته	۰/۲۲۹	
		سوزنی‌برگ		۰/۴۲۱
		sig	۰/۶۴۷^{ns}	۱/۰۰۰^{ns}
کربن آلی	۱۰	پهن‌برگ	۲/۲۷۰	
		آمیخته	۲/۵۳۰	
		سوزنی‌برگ		۴/۵۳۰
		sig	۰/۶۰۳^{ns}	۱/۰۰۰^{ns}
دماخاک(سانتی گراد)	۱۰	پهن‌برگ	۲۱/۵۷۰	
		آمیخته	۲۱/۹۷۰	۲۱/۹۷۰
		سوزنی‌برگ		۲۲/۴۲۰
		sig	۰/۲۹۵^{ns}	۰/۲۴۰^{ns}
رطوبت خاک	۱۰	پهن‌برگ	۰/۶۶۲	
		آمیخته	۹/۷۵۰	
		سوزنی‌برگ	۱۰/۴۲۲	
		sig	۰/۱۸۰^{ns}	

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

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، نیتروژن، کربن آلی و دما کمتر از مقدار خطا (۵ درصد) است؛ لذا در زمینه مولفه‌های ذکر شده در توده سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و آمیخته در طول یکسال تفاوت معناداری وجود دارد (sig < ۰/۰۵).

همچنین مقدار sig برای مولفه‌های، شانون، یکنواختی(پیلو)، منهنیک، مارگالف ُ بیوماس (۲mg/cm)، بیوماس (۲mg/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 (sig > ۰/۰۵).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

جدول ۹- نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در طول یکسال

بین گروهی	جمع مرکبات	df	میانگین مربعات	آماره F	Sig.
شاخص سیمپسون	۰/۷۰۹	۲	۰/۳۵۴	۳/۶۳۵	۰/۰۴۰*
شاخص شنون وینر	۳/۰۴۹	۲	۱/۵۲۴	۳/۲۸۱	ns ۰/۰۵
یکنواختی(پیلو)	۰/۰۶۰	۲	۰/۰۳۰	۰/۱۶۱	ns۰/۸۵۲
شاخص منهنینک	۰/۰۱۹	۲	۰/۰۱۰	۱/۰۵۱	ns۰/۳۶۳
شاخص مارگالف	۰/۷۴۳	۲	۰/۳۷۲	۲/۲۲۵	ns ۰/۱۲۷
بیوماس (mg/cm۲)	۰/۰۵۳	۲	۰/۰۲۶	۰/۵۶۸	ns ۰/۵۷۳
بیوماس (mg/m۲)	۵۲۷/۲۱۶	۲	۲۶۳/۶۰۸	۰/۵۶۸	ns ۰/۵۷۳
شن	۴۶۶/۲۰۰	۲	۲۳۳/۱۰۰	۱۲/۲۳۰	**۰/۰۰۰
رس	۷۷۴/۴۶۷	۲	۳۸۷/۲۳۳	۱۸/۰۸۹	**۰/۰۰۰
سیلت	۲۱۵۶/۸۶۷	۲	۱۰۷۸/۴۳۳	۵۰/۱۱۷	**۰/۰۰۰
وزن مخصوص ظاهری	۰/۰۴۷	۲	۰/۰۲۴	۵/۷۹۹	**۰/۰۰۸
واکنش خاک	۰/۰۱۱	۲	۰/۰۰۵	۱/۸۳۹	ns ۰/۱۷۸
هدایت الکتریکی(میلی موس برسانتیمتر)	۰/۱۸۸	۲	۰/۰۹۴	۴/۰۷۰	*۰/۰۲۹
فسفر(میلی گرم بر لیتر)	۱/۰۸۲	۲	۰/۵۴۱	۵/۱۸۲	*۰/۰۱۲
نیتروژن	۰/۳۳۱	۲	۰/۱۶۵	۱۲/۹۹۶	**۰/۰۰۰
کربن آلی	۳۵/۸۰۷	۲	۱۷/۹۰۳	۱۳/۱۵۳	**۰/۰۰۰
دماخاک(سانتی کراد)	۲/۵۳۰	۲	۱/۲۶۵	۴/۳۸۲	*۰/۰۲۲
رطوبت خاک	۸/۷۱۰	۲	۴/۳۵۵	۲/۱۷۸	ns ۰/۱۳۳

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

نتایج حاصل از آزمون دانکن به شرح زیر است: مولفه‌های، یکنواختی(پیلو) و منهنینک، و شاخص مارگالف، (بیوماس mg/m2) ، واکنش خاک و رطوبت، توده پهن‌برگ، آمیخته و سوزنی‌برگ در گروه ۱ قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد (sig > ۰/۰۵).

همچنین بر اساس نتایج، مولفه‌های رس، نیتروژن و کربن آلی توده پهن‌برگ و آمیخته در گروه ۱ و توده سوزنی‌برگ در گروه ۲ قرار می‌گیرند و بین این سه تیمار تفاوت معناداری وجود ندارد (sig > ۰/۰۵).

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 (sig > ۰/۰۵).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

ادامه جدول ۱۰

مولفه	تعداد	تیمارها	۱	۲	۳
وزن مخصوص ظاهری	۱۰	پهن‌برگ	۱/۳۶۲		
		آمیخته		۱/۴۲۴	
		سوزنی‌برگ		۱/۴۵۸	
		sig	۱/۰۰ ns	۰/۲۳۸ ns	
واکنش خاک	۱۰	پهن‌برگ	۷/۵۳۲		
		آمیخته	۷/۵۷۲		
		سوزنی‌برگ	۷/۵۷۲		
		sig	۰/۱۲۵ ns		
هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی متر)	۱۰	پهن‌برگ	۰/۷۵۱		
		آمیخته	۰/۸۴۶	۰/۸۴۶	
		سوزنی‌برگ		۰/۹۴۵۰	
		sig	۰/۱۷۲ ns	۰/۱۵۹ ns	
فسفر(میلی گرم در لیتر)	۱۰	پهن‌برگ	۵/۱۹۰		
		آمیخته	۵/۴۳۰	۵/۴۳۰	
		سوزنی‌برگ		۵/۶۵۵	
		sig	۰/۱۰۸ ns	۰/۱۳۱ ns	
نیتروژن	۱۰	پهن‌برگ	۰/۱۹۵		
		آمیخته	۰/۲۳۲		
		سوزنی‌برگ		۰/۴۳۴	
		sig	۰/۴۷۰ ns	۱/۰۰۰ ns	
کربن آلی	۱۰	پهن‌برگ	۲/۱۰۵		
		آمیخته	۲/۵۱۴		
		سوزنی‌برگ		۴/۶۰۰	
		sig	۰/۴۳۹ ns	۱/۰۰۰ ns	
دما خاک (سانتی گراد)	۱۰	پهن‌برگ	۱۳/۹۸۵		
		آمیخته		۱۴/۵۸۰	
		سوزنی‌برگ		۱۴/۶۲۰	
		Sig	۱/۰۰۰ ns	۰/۸۶۹ ns	
رطوبت خاک	۱۰	پهن‌برگ	۱۲/۶۸۶		
		آمیخته	۱۳/۰۷۶		
		سوزنی‌برگ	۱۳/۹۷۳		
		Sig	۰/۰۶۴ ns		

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

نتایج حاصل از آزمون T جفتی برای مقایسه غنا، یکنواختی و تنوع زیستی ماکروفون خاک در سه توده پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته در فصل رویش و استراحت در منطقه حفاظت شده گنو نشان داد در هر سه توده پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته بین غنا، یکنواختی (پیلو) و تنوع زیستی در فصل رویش و استراحت تفاوت معناداری وجود دارد (sig < ۰/۰۵) (جداول ۱۱ الی ۱۳).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

جدول ۱۱- مقایسه شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع زیستی در فصل رویش و استراحت در توده پهن‌برگ

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

جدول ۱۲- مقایسه شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع زیستی در فصل رویش و استراحت در توده سوزنی‌برگ

شاخص	فصل	انحراف معیار	درجه آزادی	آماره T	Sig
غنا	رویش استراحت	۰.۰۱۴	۲۰	۲.۰۳	۰.۰۰۰**
غنای منهینیک	رویش استراحت	۰.۰۳۲	۲۰	۲.۲۸	۰.۰۰۱**
غنای مارگالف	رویش استراحت	۰.۰۱۹	۲۰	۲.۵۳	۰.۰۰۱**
یکنواختی	رویش استراحت	۰.۱۱۸	۲۰	۲.۸۱	۰.۰۰۰**
یکنواختی پیلو	رویش استراحت	۰.۰۱۹	۲۰	۲.۶۸	۰.۰۰۱**
یکنواختی هیل	رویش استراحت	۰.۱۲۳	۲۰	۲.۹۲	۰.۰۰۲**
تنوع زیستی	رویش استراحت	۰.۱۰۳	۲۰	۳.۴۲	۰.۰۰۱**
سیمپسون	رویش استراحت	۰.۱۱۱	۲۰	۳.۰۱	۰.۰۰۱**
شانون	رویش استراحت	۰.۰۹۷	۲۰	۲.۹۸	۰.۰۰۳**

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

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 منهینیک	رویش استراحت	۰.۰۷۴	۲۰	۲.۸۹	۰.۰۰۱**
غنای مارگالف	رویش استراحت	۰.۰۴۷	۲۰	۲.۹۹	۰.۰۰۲**
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	۰.۰۰۲**
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 خاکزی 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). به‌طورکلی، 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 (ازطریق ترکیبات حاوی کربن)، نیتروژن (برای تشکیل پروتئین) و فسفر، رشدونمو موجودات زنده خاک را تسهیل می‌کند و از این طریق سبب افزایش جمعیت ماکروفون می‌شود (مهرافروز مای‌وان و شای‌ان 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

منهینیک و مارگالف، تنوع زیستی شانون- وینر و سیمپسون و یکنواختی پیلو و هیل در فصل رویش به‌طور معناداری بیشتر از فصل استراحت بوده اند. 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 وشیمیایی خاک بیانگر تأثیر بیش‌تر شاخص‌های شیمیایی خاک بر پارامترهای زیستی است که با نتایج پژوهش پیش رو 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 (سوزنی برگان و پهن برگان)، تأثیر متفاوت قابل توجهی بر شاخص‌های زیستی و همچنین خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک دارد. به طور کلی شاخص‌های تنوع گونه ای مفسر خوبی برای ارزیابی اقدامات مدیریتی در اکوسیستم‌های طبیعی محسوب می‌شوند. این شاخص‌ها باید به عنوان یکی از عوامل سنجش پایداری اکوسیستم‌ها، نوسانات یا کاهش آن موردتوجه 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 جانداران نیاز داریم. لذا مطالعه تنوع و تغییرپذیری اجتماع موجودات خاک زی در لایه‌های خاک، بررسی ارتباط بین تاج پوشش گیاهی و تنوع زیستی ماکروفون‌های خاک، به محققین آتی پیشنهاد می‌شود.

منابع

اجتهادی، ح.، سپهری، ع.، عکافی، ح، ۱۳۸۸. روشهای اندازه گیری 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 اثرجهت و ارتفاع از سطح دریا برمولفه‌های 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.

سلطانی‌پور، م. ا. ۱۳۸۴. گیاهان داروئی 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): 121-105.

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 مای‌وان, م.، شای‌ان مهر, م. ۱۳۹۴ . بررسی فونستیک و تنوع و تراکم جمعیت هزارپایان (Diplopoda) خاکزی طی فصول مختلف سال در جنگل سمسکنده مازندران، پژوهش‌های حفاظت گی‌اهان 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.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

three habitats with different grazing intensity (case study: Gardened Zamboni range in Arkansan). 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. Metods 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. Act Ecological, 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]

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

Maryam Banifatemeh[1], Hossein Parvaresh*[2], Maryam Moslehi[3], Saber Ghassemi[4], Abdoolnabi Bagheri[5]

[1] PhD. Candidate, of Biodiversity, Department of Natural Resources Faculty of Environment, Bandar abbas branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Environment, Bandar abbas branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

[3]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

[4]Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Environment, Bandar abbas branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

[5]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

Abstarct

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: Physicaland chemical proerties, Richness, Evenness, Biodiversity

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-08-20]