مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی
Management of Natural Ecosystems
دوره ۴، شماره ۳، پاییز۱۴۰۳، ۷۳-۶۱
Volume 4, Issue 3, Autumn 2024, 61-73
http://emj.ardakan.ac.ir/article_730833.html

تأثیر تاج پوشش درختی کنار و رملیک بر تنوع و روابط زیستی پوشش‌علفی در مناطق نیمه‌خشک

نجمه نوربخش[۱]، جواد میرزائی*[۲]، جعفر حسین‌زاده[۳]، رضا امیدی‌پور[۴]

چکیده

مناطق خشک و نیمه‌خشک از گسترده‌ترین مناطق زمین بوده و به دلیل شرایط نامساعد اقلیمی امکان رشد و استقرار گیاهان حساس به شرایط محیطی در آن‌ها فراهم نیست. در این مناطق حضور گونه‌های درختی و درختچه‌ای به‌عنوان پرستار نقش مهمی در بهبود شرایط استقرار سایر گیاهان دارد. هرچند، اثرات متقابل عوامل محیطی از قبیل شیب و نوع گونه‌های گیاهی مختلف بر تنوع و روابط زیستی گیاهان علفی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. نمونه‌برداری از پوشش علفی در زیر تاج گونه‌های کنار و رملیک در سه موقعیت مختلف میانه تصویر تاج، انتهای تصویر تاج و ۲ متر خارج از تصویر تاج درختان در دو کلاس شیب کمتر از ۱۰ درصد و بیش از ۲۵ درصد در فصل بهار انجام شد. سپس شاخص‌های تنوع شانون وینر، سیمپسون، غنای مارگالف و یکنواختی پایلو محاسبه گردید. به‌منظور تعیین نوع روابط زیستی (تسهیلی، خنثی یا رقابت)، شاخص نسبی روابط زیستی محاسبه شد. نتایج نشان دادند که در هر دو گونه بالاترین مقادیر تنوع شانون- وینر، سیمپسون و غنای مارگالف در زیر تاج ثبت شد. همچنین نتایج نشان دادند که شیب زمین تأثیر معنی‌داری بر یکنواختی گونه‌ای دارد ($p< ۰/۰۵$)، به‌طوریکه در گونه کنار، بیشترین مقدار این شاخص در شیب کمتر از ۱۰ درصد مشاهده گردید. علاوه‌بر این، شیب تأثیر معنی‌داری بر شاخص نسبی روابط زیستی نشان دادند، به‌طوریکه در گونه کنار و رملیک بیشترین مقدار این شاخص در شیب کمتر از ۱۰ درصد مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها مشاهده گردید که رابطه گونه‌های کنار و رملیک با پوشش علفی زیراشکوب دارای اثر تسهیلی است. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که وجود پوشش کنار و رملیک در مناطق نیمه‌خشک و بیابانی اهمیت ویژه‌ای در حفظ و ایجاد تنوع در پوشش علفی دارد. این نتیجه اهمیت انتخاب گونه مناسب را برای حفظ تنوع زیستی در جنگلکاری خاطرنشان می‌سازد.

واژگان کلیدی:

احیاء پوشش گیاهی، تسهیل، رقابت، گونه پرستار.

مقاله پژوهشی

۱. دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
noorbakhsh.najmeh@yahoo.com

۲. دانشیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
j.mirzaei@ilam.ac.ir

* نویسنده مسئول

۳. دانشیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
j.hoseinzadeh@ilam.ac.ir

۴. استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
r.omidipour@ilam.ac.ir

شناسه مقاله: ۱۱۲۰-۲۵۰۹
شماره صفحه پیاپی: ۹۰۰-۸۸۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۶
انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۷/۳۰
زمان پذیرش: ۲۰ روز

استناددهی:
نوربخش، ن.، میرزائی، ج.، حسین‌زاده، ج.، و امیدی‌پور، ر. (۱۴۰۳). تأثیر تاج پوشش درختی کنار و رملیک بر تنوع و روابط زیستی پوشش‌علفی در مناطق نیمه‌خشک. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۴(۳)، ۷۳-۶۱.

شاپا: ۲۸۲۱-۰۱۸۲
DOI: 10.22034/emj.2025.730833

۱- مقدمه

مناطق خشک و نیمه‌خشک امروزه حدود ۴۶/۲ درصد از سطح زمین را پوشش داده و سکونتگاه حدود ۳ میلیارد نفر از جمعیت جهان هستند (Mirzabaev et al., 2019). با این حال، این نواحی با چالش‌های متعدد غیرزیستی از جمله خشکی، شوری و دمای شدید مواجه هستند که تأثیر قابل توجهی بر استقرار، رشد، توسعه و بهره‌وری گیاهان دارد (Yadav et al., 2020). در این قبیل مناطق، وجود گونه‌های چوبی از قبیل درخت و درختچه می‌تواند تاثیرات مثبتی یا منفی بر استقرار و رشد سایر گیاهان داشته باشد (Lozano et al., 2020). به‌طور کلی، تاج پوشش درختان به‌صورت مستقیم با کنترل نور، دما، رطوبت و غیره و به‌صورت غیرمستقیم با تأثیر بر فرآیندهای خاک شرایط محیطی را برای پوشش‌گیاهی تغییر می‌دهد (Valladares et al., 2016). پوشش گیاهی زیر تاج درختان از طریق افزایش مواد آلی و رطوبت خاک، محافظت در برابر باد، کاهش دمای هوا و خاک، کاهش نوسانات روزانه‌ی دما، افزایش رطوبت، کاهش تبخیر و تعرق، تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Valladares et al., 2016؛ Kumar et al., 2020). تأثیر تاج پوشش درختچه‌ها بر ساختار جامعه زیراشکوب امری مسلم می‌باشد (Lozano et al., 2020). پوشش گیاهی علفی از اهمیت اکولوژیکی بالایی برخوردار است و به سرعت به تغییرات محیطی پاسخ می‌دهد (Garg et al., 2022). علاوه بر این، پوشش علفی زیر اشکوب از نظر ارتفاع کوچک هستند و ساختارهای هوایی آن‌ها در مقایسه با گیاهان چوبی پایداری کمتری دارد. همچنین تنوع این گیاهان در برابر تغییرات مکانی و زمانی محیطی حساس‌تر است (Garg et al., 2022). به‌علاوه، تنوع پوشش علفی زیراشکوب از یک سو تحت تأثیر عوامل توپوگرافیک از قبیل ارتفاع (Jiang et al., 2018)، و شیب (Wiharto et al., 2021) و از سوی دیگر وابسته به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است که الگوی توزیع گونه‌های گیاهی زیراشکوب را شکل می‌دهد (Dai et al., 2020). این خصوصیات خاک نه تنها رشد و پراکنش گیاهان زیراشکوب را کنترل می‌کنند، بلکه به نوبه خود نقش تعیین کننده‌ای بر تنوع گونه‌ای آن‌ها دارند (Meng et al., 2023).

تنوع زیستی به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در بهبود عملکرد اکوسیستم‌ها، پایداری، انعطاف‌پذیری و پویایی مواد مغذی شناخته می‌شود (Isbell et al., 2015؛ Carranza et al., 2020) که تحت تأثیر عوامل محیطی مانند شیب و ارتفاع (طالشی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Xu et al., 2010) و تهدیدات انسانی از جمله فشار جمعیت، گسترش یا تشدید کشاورزی و توسعه زیرساخت‌ها است (Bargali et al., 2022؛ Bisht et al., 2022). شیب با تغییر سرعت باد، میزان و نگهداشت رطوبت خاک و محتوای مواد مغذی و شدت تابش خورشید، نقش تعیین کننده‌ای در ترکیب و پراکندگی جوامع گیاهی دارد (Moeslund et al., 2013). از سوی دیگر، تغییرات شیب بر میزان بقا و رشد گیاهان تأثیر مستقیم می‌گذارد زیرا افزایش زاویه شیب موجب تشدید فرسایش خاک و لغزش زمین به‌ویژه در بارندگی‌های شدید می‌شود (Xu et al., 2013؛ Piacentini et al., 2018). کاهش تنوع گیاهی یکی از چالش‌های اصلی انسان در حفظ ثبات و پایداری عملکرد اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود (Hua et al., 2022)، به‌طوریکه حذف گونه‌هایی با ویژگی‌های خاص می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجه در عملکردهای اکوسیستمی گردد (Bricca et al., 2020).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به دلیل کمبود رطوبت و بارش نامنظم و پراکنده، پوشش گیاهی عمدتاً از گونه‌های یکساله و فرصت‌طلب تشکیل شده است با دسترسی به اولین مقدار رطوبت، چرخه زندگی خود را به سرعت تکمیل می‌نمایند. این گیاهان به دلیل فقدان مکانیسم‌های سازگاری با خشکی (مانند سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده)، توانایی کمی برای تحمل شرایط سخت محیطی و بقا در این مناطق دارند (امیری و همکاران، ۱۳۹۳). این شرایط منجر به افزایش آسیب‌پذیری اکوسیستم در برابر تخریب و از سوی دیگر کاهش تنوع‌زیستی می‌گردد. از سوی دیگر شرایط سخت محیطی، فرآیند احیاء و اصلاح پوشش گیاهی را در این مناطق اقلیمی با مشکل مواجه ساخته است. بنابراین، شناخت دقیق نوع و میزان تأثیر گونه‌های درختی با اشکال مختلف تاج‌پوشش بر گیاهان زیراشکوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

گیاهان پرستار با ایجاد ریزاقلیم مناسب، نقش مهمی بر کنترل تنوع و ترکیب جوامع گیاهی در محیط‌های خشک ایفا می‌کنند (Al-Namazi, 2019). این گیاهان با بهبود شرایط محیطی محلی، موجب افزایش تنوع‌زیستی در زیراشکوب خود و کل اکوسیستم گردیده و به سازماندهی جوامع گیاهی کمک می‌کنند (Ellison, 2019). با افزایش منابع و تنوع زیستی، گیاهان پرستار می‌توانند شبکه‌هایی از تعاملات اکولوژیکی ایجاد کنند (Losapio et al., 2018) که در نهایت عملکرد کلی اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Losapio et al., 2021). گیاهان پرستار یا تسهیل‌کننده، با غنی‌سازی مواد مغذی خاک، تعدیل دما و افزایش رطوبت خاک، شرایط ریزاقلیم و فیزیکی زیراشکوب خود را بهبود می‌بخشند (Ugarte et al., 2024) و به نوبه خود، با ایجاد محیطی مساعدتر، استقرار و رشد سایر گونه‌ها در زیر تاج خود را تسهیل می‌کنند (Lozano et al., 2020). این قبیل گیاهان با تأثیر بر میکروارگانیسم‌های خاک می‌توانند رشد و بقای گیاهان سالانه را ارتقا دهند (Lozano et al., 2017). هرچند، اثرات منفی (رقابت یا آللوپاتیک) نیز برای بسیاری از گیاهان ثبت شده و با تغییر نوع گونه، ممکن اثرات مثبت یا منفی آن تغییر نماید. به‌عبارتی، هنگامی که دو یا چند گونه گیاهی در مجاورت یکدیگر رشد می‌کنند، مجموعه‌ای از برهم‌کنش‌های درون گونه‌ای و بین گونه‌ای شکل می‌گیرد که می‌تواند به‌صورت مثبت یا منفی رخ دهد (Kong et al., 2024). روابط مثبت یا منفی بین گیاهان (به‌ترتیب تسهیل و رقابت) و تعادل بین تسهیل و رقابت نقش حیاتی در ساختار و پویایی جامعه گیاهی ایفا می‌کند (Gavini et al., 2019). تسهیل توسط گیاهان پرستار، تنوع زیستی را افزایش می‌دهد و جوامع اکولوژیکی را حمایت می‌کند (Losapio et al., 2021). در مقابل، رقابت رشد گیاه را محدود و الگوهای پراکنش گونه‌ها و سازگاری‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Guo et al.,

2018). گونه‌های گیاهی از نظر توانایی تحمل استرس متفاوت هستند، بنابراین ممکن است میزان بهره‌مندی آنها از گیاهان پرستار و واکنش آنها به حضور گونه‌های همسایه متفاوت باشد (Noumi, 2020). به‌همین دلیل کسب اطلاعات در مورد نقش گونه‌های چوبی در مناطق خشک و نیمه‌بیابانی و نوع و میزان تاثیرات آنها بر تنوع زیستی گیاهان زیر اشکوب از اهمیت بالایی برای احیاء و مدیریت پوشش گیاهی در این قبیل مناطق برخودار است. خزانی و همکاران (۱۳۹۹) با بررسی تأثیر تاج پوشش گونه‌های افرا (*Acer monspessulanum*)، بنه (*Pistacia atlantica*) و زالزالک (*Crataegus azarollus*) بر تنوع گونه‌ای زیراشکوب در ذخیره‌گاه نژدره، ارومیه بیان نمودند که زیراشکوب درختان دارای تنوع گونه‌ای بالاتری در مقایسه با مناطق خارج تاج پوشش بودند. Erfanzadeh et al. (۲۰۲۱) با مطالعه تأثیر گونه‌های مختلف درختچه‌ای بادامک (*Amygdalus scoparia*)، آبنوس (*Ebenus stellata*) و دافنه (*Daphne mezereum*) بر ویژگی‌های پوشش گیاهی زیر اشکوب در مراتع نیمه‌خشک دریافتند که مقادیر تنوع گونه‌ای و غنای پوشش علفی در زیراشکوب گونه‌های مورد مطالعه بیشتر از خارج تاج بود.

Dula (۲۰۲۲) با بررسی تنوع پوشش علفی زیر تاج سه درخت بومی آکاسیای حبشی (*Acacia abyssinica*)، *Croton Macrostachyus* و *Ficus sur* در فواصل مختلف از تنه درخت در اتیوپی دریافتند که بیشترین غنای گونه‌های علفی و تنوع در خارج از تاج درخت به‌دست آمد و شاخص غنای مارگالف، تنوع شانون تفاوت معنی‌داری را در غنای گونه‌ای، تنوع و یکنواختی آن‌ها در میان گونه‌های درختی انتخاب شده نشان نداد. مطالعه Bassene et al. (۲۰۲۳) نشان دادند که حضور درختان *Parkia biglobosa* بر ترکیب فلورستیک، توزیع، فراوانی و فراوانی پوشش گیاهی علفی تأثیر می‌گذارد. غنای گونه‌ای، تنوع در زیر تاج این درختان بیشتر از خارج از تاج درخت بود. همچنین داوود آبادی فراهانی و همکاران (۱۳۹۶)، جعفری و همکاران (۱۳۹۲)، Parajuli et al. (۲۰۲۱) و Al-Namazi and Bonser (۲۰۲۰) اثر تسهیل گونه‌های پرستار بر پوشش علفی زیراشکوب را نشان دادند.

گونه‌های کنار (*Ziziphus spina-christi* (L.) Desf.) و رملیک (*Ziziphus nummularia* (Burm.f.) Wight & Arn.) از گونه‌های بومی مناطق گرم و خشک می‌باشند و به دلیل داشتن مقاومت و سازگاری بیشتر با شرایط محیطی گرم و خشک، بیش از سایر گونه‌ها در پروژه‌های اصلاح و احیاء در مناطق نیمه‌خشک، خشک و بیابانی استفاده می‌شوند. همچنین این دو گونه دارای پراکنش گسترده‌تر و فراوانی بیشتری در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور هستند. هرچند اثرات آنها بر تنوع زیستی زیراشکوب و روابطزیستی بین این گیاهان و پوشش علفی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش برای مدیریت و احیاء اصولی این مناطق سعی بر آن است، که تأثیر تاج گونه‌های بومی کنار و رملیک بر تنوع زیستی و روابطزیستی پوشش‌علفی کف بررسی گردد.

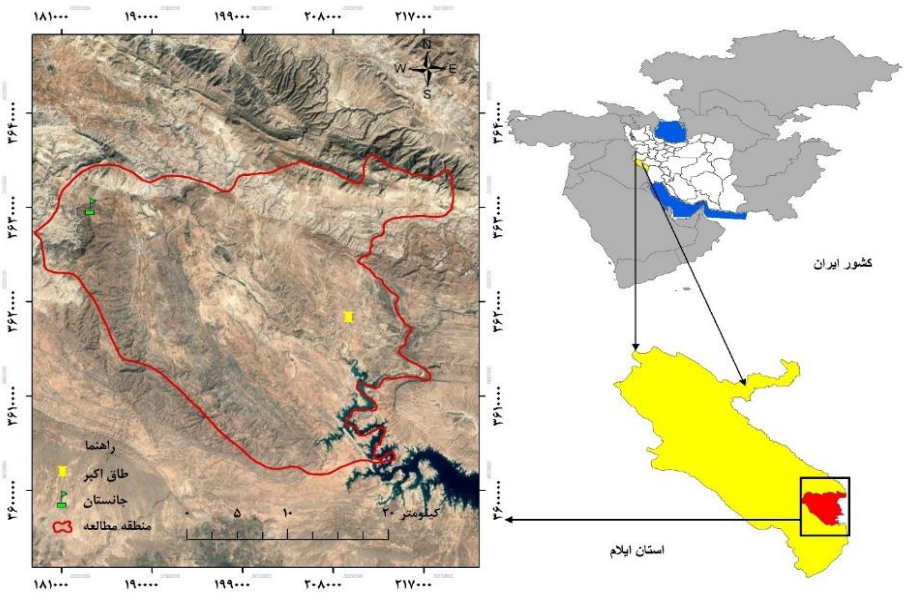
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

به‌منظور انجام این پژوهش دو منطقه طاق اکبر و جانستان در بخش مورموری از توابع شهرستان آبدانان انتخاب شد. منطقه مورد مطالعه طاق اکبر (رویشگاه گونه کنار) در موقعیت ۴۷ درجه و ۵۴ دقیقه و ۸/۵۲ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۱/۱ ثانیه عرض شمالی قرار دارد. منطقه جانستان (رویشگاه رملیک) بین طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۷ دقیقه و ۳۲ ثانیه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۴۷ دقیقه و ۱/۴ ثانیه شمالی واقع شده است (شکل ۱). به منظور تعیین اقلیم مناطق مورد مطالعه، ابتدا داده‌های هواشناسی شهرستان‌های استان ایلام از ایستگاه هواشناسی و سینوپتیک تهیه شدند. سپس با استفاده از نرم افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های باران و دما بر اساس نقاط نمونه‌برداری تهیه و اطلاعات هواشناسی مربوط به نقاط استخراج شد و بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن (Keikha et al., 2023)، مناطق مورد مطالعه در اقلیم نیمه‌خشک واقع شده است. این مناطق ویژگی‌های اقلیمی مشابهی دارند (به ترتیب دارای میانگین بارش سالانه ۴۷۷/۴۷ میلیمتر و میانگین دمای سالیانه ۲۳/۳۱ درجه سانتی‌گراد، ۴۹۸/۲۱ میلیمتر و ۲۳/۴۶ درجه سانتی‌گراد است).

۲-۲- نمونه‌برداری پوشش علفی

براساس مشاهدات میدانی و شناسایی منطقه، دو گونه غالب کنار (*Ziziphus spina-christi* (L.) Desf.) و رملیک (*Ziziphus nummularia* (Burm.f.) Wight & Arn.) که در دو رویشگاه منتخب به‌صورت تک پایه یافت می‌شوند، برای این مطالعه انتخاب شدند. بدین منظور، ۶ درخت بالغ و سالم، از هر گونه در دو کلاس شیب (کمتر از ۱۰ درصد و بیش از ۲۵ درصد) مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت. در مجموع ۲۴ درخت (۲ گونه × ۶ پایه درخت × ۲ کلاس شیب) برای این مطالعه انتخاب گردید. در زیر هر پایه درخت منتخب در چهار جهت اصلی (شمال، جنوب، شرق و غرب)، گونه‌های علفی با استفاده از زیر قطعه نمونه ۱ متر مربعی (Huang et al., 2023) در سه موقعیت میانه، انتها و خارج از تصویر تاج (Kassa et al., 2010) به‌ترتیب در فاصله میانه تصویر تاج، انتهای تصویر تاج و ۲ متر خارج از تصویر تاج تک درختان در فصل بهار ثبت و شناسایی شد و میزان درصد فراوانی هر گونه در قطعه نمونه تخمین زده شد. همچنین موقعیت جغرافیایی با دستگاه GPS و زاویه شیب با دستگاه سونتو بررسی شد. نمونه‌های هرباریوم جمع‌آوری، فشرده و خشک شد و بر اساس منابع موجود از قبیل فلور ایلام (مظفریان، ۱۳۸۷) شناسایی گردید. سپس تنوع زیستی گونه‌های علفی با استفاده از شاخص‌های تنوع سیمپسون، تنوع شانون–وینر، غنای مارگالف و یکنواختی گونه‌ای پایلو در نرم افزار Past 3.22 محاسبه شدند (جدول ۱).



شکل(۱): موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در ایران و استان ایلام

پس از تهیه بانک اطلاعاتی، ابتدا نرمال بودن میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگرف اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. در ادامه برای بررسی اثرات گونه، فاصله و درصد شیب بر شاخص‌های تنوع زیستی از آنالیز واریانس سه طرفه[1]استفاده شد. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها (اثر فاصله) از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در صورت اثر معنی‌داری) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. همچنین به‌منظور مقایسه میانگین‌ها (اثر شیب) از آزمون تی مستقل استفاده شد. در نهایت، برای کمی‌سازی روابط زیستی بین گیاهان از شاخص نسبی روابط زیستی[2](رابطه ۱) استفاده شد (Armas et al., 2004). تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 27 انجام شد.

رابطه (۱)
$$RII=\frac{X \text{ بیرون تاج} - X \text{ داخل تاج}}{X \text{ بیرون تاج} + X \text{ داخل تاج}}$$

در این رابطه X درصد پوشش گیاهی داخل و بیرون تاج پوشش است. این شاخص دارای دامنه تغییراتی از ۱- تا ۱ است که مقادیر مثبت که نشان دهنده وجود مکانسیم تسهیل بین گونه مورد نظر و گیاهان زیر اشکوب و اعداد منفی نیز بیانگر وجود رقابت بین گونه مورد بررسی و گیاهان زیر اشکوب است.

جدول (۱): شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی مورد استفاده.

شاخص‌ها	فرمول محاسباتی	منبع
سیمپسون	$D = 1 - \sum_{1}^{S} P_i^2$	Simpson (1949)
شانون- وینر	$H' = -\sum_{i=1}^{s} piLn(pi)$	Shannon and Wiener (1949)
مارگالف	$R = S - 1/LnN$	Margalef (1958)
پایلو	$J' = [-\Sigma_{P_i \ln(P_i)}]/lns$	Pielou (1996)

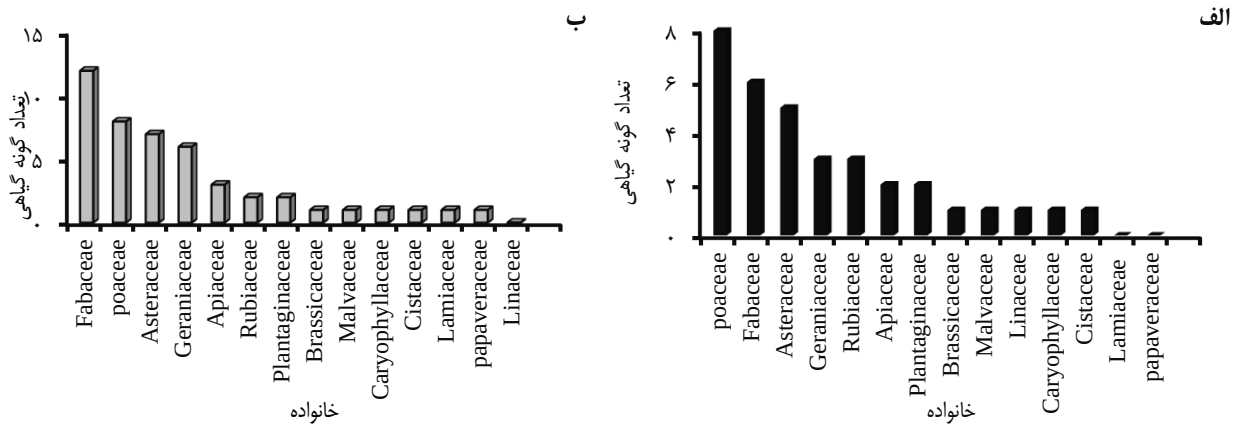
D: شاخص تنوع سیمپسون، S: تعداد کل گونه‌ها، P_i: نسبت افراد گونه iام، H: شاخص تنوع شانون- وینر، R: غنای مارگالف و J': یکنواختی پایلو.

1. Three-Way ANOVA
2. Relative Interaction Index

۳- نتایج

۳-۱- تنوع زیستی پوشش علفی

بررسی پوشش گیاهی در مناطق موردمطالعه نشان داد که در مجموع ۵۴ گونه‌ی گیاهی متعلق به ۱۵ خانواده حضور دارند (شکل ۲). رویشگاه کنار دارای ۳۵ گونه و رویشگاه رملیک ۴۷ گونه در خود جای داده است. خصوصیات توصیفی شاخص‌های تنوع زیستی در مناطق مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است.



شکل (۲): فراوانی گونه‌های هر خانواده در مناطق مورد مطالعه الف: رویشگاه کنار، ب: رویشگاه رملیک

جدول(۲): خصوصیات توصیفی تنوع سیمپسون، شانون وینر، یکنواختی پایلو و غنای مارگالف پوشش علفی مناطق موردمطالعه.

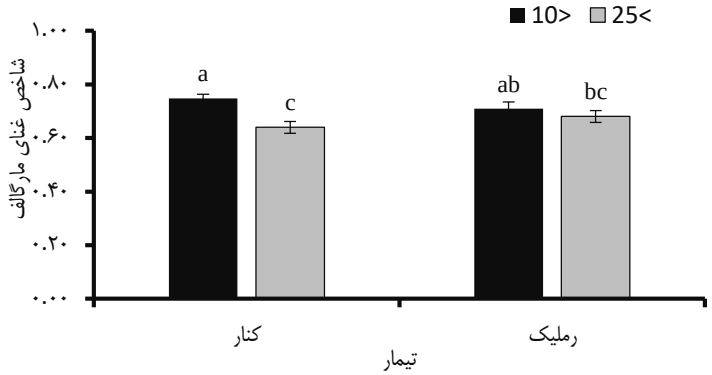
	پوشش علفی رویشگاه کنار			
	حداقل	حداکثر	میانگین	اشتباه معیار
شاخص سیمپسون	۰/۵۷۰۵	۰/۸۷۱۹	۰/۸۰۱	۰/۰۱۱
شاخص شانون وینر	۱/۱۷۸	۲/۳۴۲	۱/۹۱	۰/۰۴۷
یکنواختی پایلو	۰/۴۳۲۹	۰/۹۰۸۴	۰/۶۹۳۵	۰/۰۱۶
غنای مارگالف	۰/۹۸۱	۳/۸۶۲	۲/۲۳۲	۰/۱۱۷
	پوشش علفی رویشگاه رملیک			
	حداقل	حداکثر	میانگین	اشتباه معیار
شاخص سیمپسون	۰/۶۲	۰/۹۲۳۱	۰/۸۱۹	۰/۰۱۱
شاخص شانون وینر	۱/۲۵۳	۲/۷۰۳	۲/۰۱۷	۰/۰۵۳
یکنواختی پایلو	۰/۴۹۱	۰/۹۵۸۲	۰/۶۹۴	۰/۰۱۶
غنای مارگالف	۱/۰۲	۳/۹۷۵	۲/۴۳۲	۰/۱۰۸

نتایج پژوهش نشان داد که اثر اصلی گونه گیاهی تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های تنوع زیستی نداشته است. اما اثر اصلی فاصله از تنه درخت به‌طور معنی‌داری بر شاخص تنوع سیمپسون، شانون وینر و غنای گونه‌ای مارگالف تأثیرگذار بوده است. در مقابل اثر اصلی فاصله تأثیر معنی‌داری بر شاخص یکنواختی پایلو نداشته است (جدول ۳). همچنین، اثر متقابل گونه و شیب تنها در گونه کنار بر روی شاخص غنای مارگالف معنی‌دار بود (شکل ۳).

مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع و غنا نشان داد که شاخص تنوع شانون–وینر، سیمپسون و غنای مارگالف دارای اختلاف معنی‌داری بین زیر تاج و بیرون تاج هستند. در صورتیکه بین شاخص‌ها در موقعیت میانه تاج و انتهای تاج اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی مقدار شاخص‌های تنوع گونه‌ای به‌صورت جزئی با افزایش فاصله کاهش یافت. بیشترین مقدار شاخص تنوع سیمپسون در گونه کنار، در میانه تاج (۰/۰۰۹± ۰/۸۳۳) و کمترین مقدار در موقعیت شاهد (۰/۰۲۵ ± ۰/۷۵۴) ثبت گردید (شکل ۴ الف). در گونه کنار بیشترین مقدار تنوع شانون وینر در میانه تاج (۰/۰۵ ± ۲/۰۴) و کمترین در موقعیت شاهد (۰/۰۸۷ ± ۱/۶۹) اندازه‌گیری شد (شکل ۴ ب). نتایج نشان داد که شاخص یکنواختی در فواصل مختلف از درخت، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۴ ج). در گونه کنار بالاترین مقدار شاخص غنای مارگالف در انتهای تاج (۰/۲۱ ± ۲/۵۴) و کمترین مقدار در موقعیت شاهد (۰/۱۷۳ ± ۱/۸۱) مشاهده گردید (شکل ۴د).

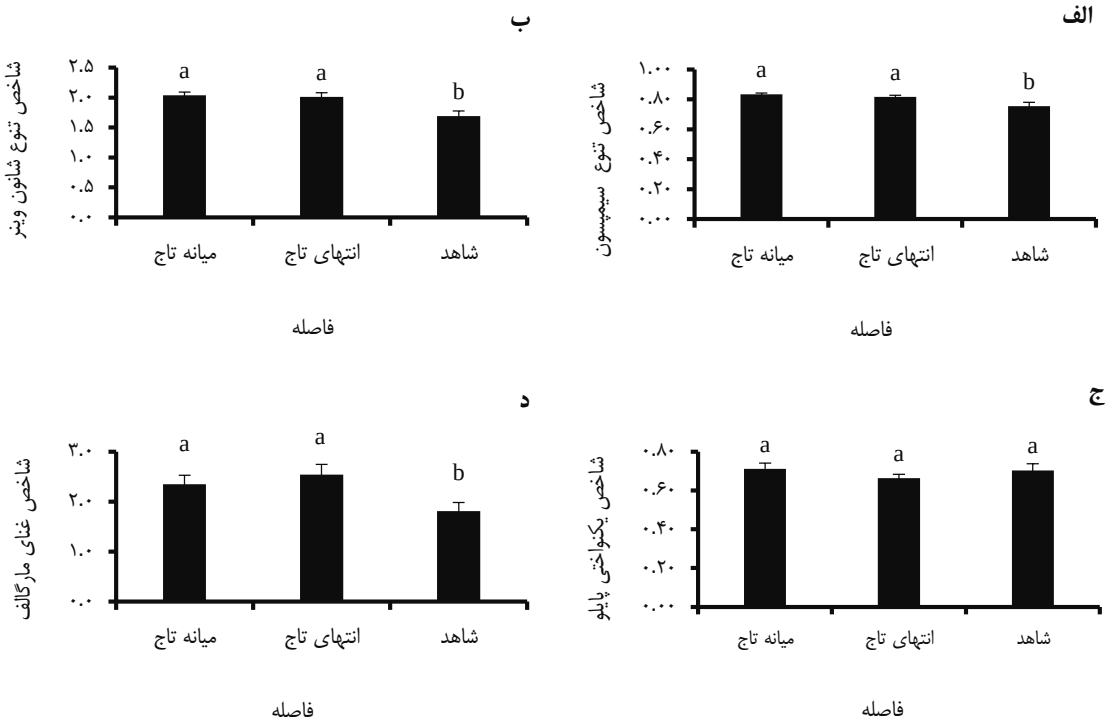
جدول (۳): نتایج آنالیز واریانس سه طرفه در ارزیابی اثرات گونه، فاصله، شیب و اثر متقابل آن‌ها بر روی شاخص‌های تنوع زیستی

منبع تغییرات	Df	شاخص تنوع سیمپسون			شاخص تنوع شانون وینر		
		P	F	مجموع مربعات	P	F	مجموع مربعات
گونه	۱	۰/۱۹۱	۱/۷۵۲	۰/۰۰۶	۰/۰۹۳	۲/۹۱۰	۰/۱۹۰
فاصله	۲	<۰/۰۰۱	۱۳/۰۴۶	۰/۰۸۹	<۰/۰۰۱	۱۵/۶۷۱	۲/۰۵۱
شیب	۱	۰/۰۵۴	۳/۸۶۶	۰/۰۱۳	۰/۱۴۳	۲/۱۹۹	۰/۱۴۴
گونه × فاصله	۲	۰/۶۹۱	۰/۳۷۱	۰/۰۰۳	۰/۷۱۵	۰/۳۳۸	۰/۰۴۴
گونه × شیب	۱	۰/۸۹۰	۰/۰۱۹	۶/۶۱۲	۰/۳۲۸	۰/۹۷۵	۰/۰۶۴
فاصله × شیب	۲	۰/۲۶۶	۱/۳۵۳	۰/۰۰۹	۰/۳۸۴	۰/۹۷۲	۰/۱۲۷
گونه × شیب × فاصله	۲	۰/۸۸۵	۰/۱۲۳	۰/۰۰۱	۰/۸۴۰	۰/۱۷۵	۰/۰۲۳
منبع تغییرات	Df	شاخص یکنواختی پایلو			شاخص غنای مارگالف		
		P	F	مجموع مربعات	P	F	مجموع مربعات
گونه	۱	۰/۹۴۵	۰/۰۰۵	۳/۷۵	۰/۱۷۵	۱/۸۸۷	۰/۷۱۷
فاصله	۲	۰/۷۷۳	۰/۲۵۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۸/۴۲۸	۶/۴۰۰
شیب	۱	۰/۰۰۲	۱۰/۸۳۲	۰/۰۸۵	۰/۶۶۰	۰/۱۹۶	۰/۰۷۴
گونه × فاصله	۲	۰/۲۳۱	۱/۵۰۰	۰/۰۲۴	۰/۹۷۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۳
گونه × شیب	۱	۰/۰۶۵	۳/۵۲۵	۰/۰۲۸	۰/۰۱۶	۶/۱۶۳	۲/۳۴۰
فاصله × شیب	۲	۰/۱۱۱	۲/۲۸۴	۰/۰۳۶	۰/۷۱۳	۰/۳۴۱	۰/۲۵۹
گونه × شیب × فاصله	۲	۰/۱۸۵	۱/۷۳۸	۰/۰۲۷	۰/۵۸۰	۰/۵۵۰	۰/۴۱۸

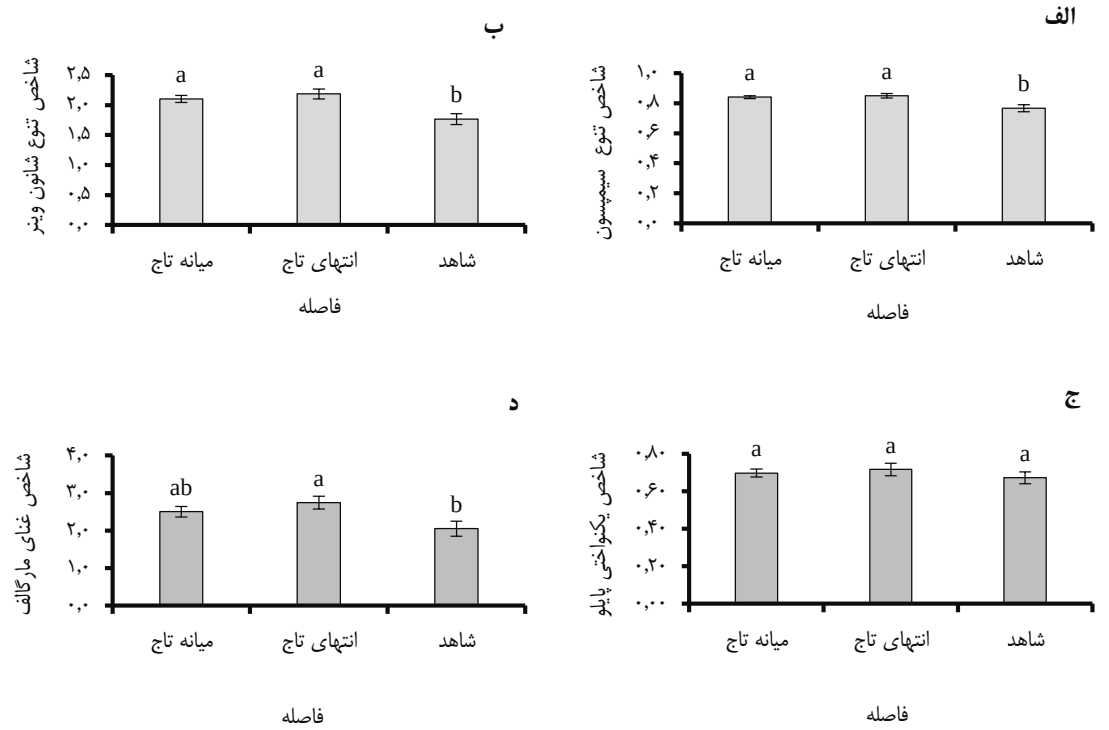


شکل (۳): نتایج مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) اثر متقابل گونه در شیب روی شاخص غنای مارگالف در زیر تاج گونه کنار و رملیک. حروف لاتین مختلف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند.

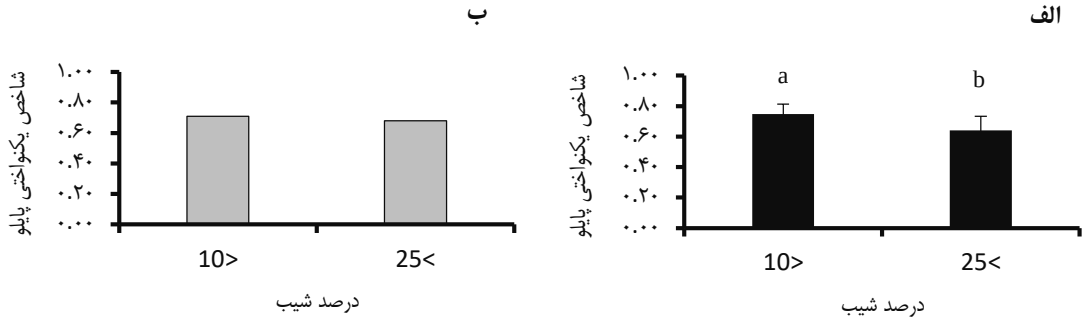
به‌صورت مشابه در گونه رملیک مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع و غنا نشان داد که شاخص تنوع شانون–وینر، سیمپسون و غنای مارگالف دارای اختلاف معنی‌داری بین زیر تاج و بیرون تاج هستند. در حالیکه میان شاخص‌ها در موقعیت میانه تاج و انتهای تاج اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین مقدار شاخص تنوع سیمپسون در انتهای تاج (۰/۰۱۵ ± ۰/۸۵) و کمترین مقدار در موقعیت شاهد (۰/۰۲ ± ۰/۷۷) مشاهده شد (شکل ۵ الف). همچنین، بالاترین مقدار تنوع شانون وینر در انتهای تاج (۰/۰۸ ± ۲/۱۸) ثبت شد در حالی‌که کمترین مقدار آن در موقعیت شاهد (۰/۰۹ ± ۱/۷۶) مشاهده گردید. بیشترین مقدار شاخص غنا در انتهای تاج (۰/۱۷ ± ۲/۷۴) و کمترین مقدار در موقعیت شاهد (۰/۲۰ ± ۲/۰۵) ثبت گردید (شکل ۵ د). براساس نتایج مقایسه میانگین شاخص یکنواختی پایلو در هر دو شیب در گونه کنار، شیب تأثیر معنی‌داری بر شاخص یکنواختی داشت. بیشترین مقدار شاخص یکنواختی در شیب کمتر از ۱۰ درصد (۰/۰۱۵ ± ۰/۷۵) مشاهده گردید (شکل۶ الف) و در گونه رملیک شیب تأثیر معنی‌داری بر روی این شاخص نداشت (شکل۶ ب).



شکل (٤): نتایج مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) شاخص‌های تنوع زیستی علفی در زیر تاج گونه کنار. حروف لاتین مختلف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند.



شکل (۵): نتایج مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) شاخص‌های تنوع زیستی علفی در زیر تاج گونه رملیک. حروف لاتین مختلف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند.



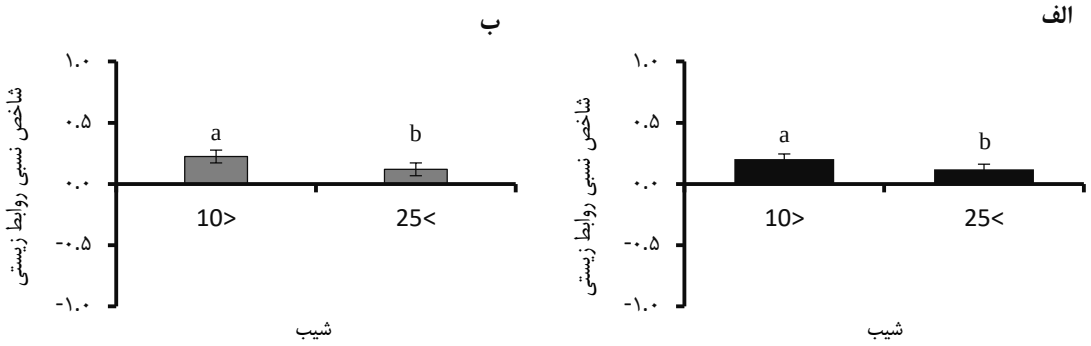
شکل (٦): نتایج مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) شاخص یکنواختی پایلو در زیر تاج گونه الف: کنار و ب: رملیک در دو شیب ۲۵< و ۱۰> درصد. حروف لاتین مختلف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند.

۳-۲- روابط زیستی

بر اساس نتایج مدل خطی ترکیبی عمومی (جدول ۴)، اثر اصلی شیب بر شاخص نسبی روابط زیستی معنی‌داری است، به‌طوریکه در گونه کنار بیشترین مقدار این شاخص (۰/۰۵۶ ± ۰/۲۰۳) در شیب کمتر از ۱۰ درصد مشاهده گردید. به‌طور مشابه، در گونه رملیک بیشترین مقدار شاخص نسبی روابط زیستی (۰/۰۵۸ ± ۰/۲۲) در شیب کمتر از ۱۰ درصد مشاهده گردید (شکل ۷).

جدول(٤): نتایج آنالیز واریانس سه طرفه گونه، فاصله، شیب و اثر متقابل آن‌ها بر روی شاخص نسبی روابط زیستی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
گونه	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۱۷۶	۰/۶۷۷
فاصله	۰/۰۱۷	۱	۰/۰۱۷	۳/۱۳۰	۰/۰۸۴
شیب	۰/۱۰۵	۱	۰/۱۰۵	۱۹/۵۵۴	**<۰/۰۰۱**
گونه × فاصله	۰/۰۰۰	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۲۵	۰/۸۷۴
گونه × شیب	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۲۷۶	۰/۶۰۲
فاصله × شیب	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۱۲۷	۰/۷۲۴
گونه × فاصله × شیب	۰/۰۰۶	۱	۰/۰۰۶	۱/۰۴۳	۰/۳۱۳



شکل(۷): مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) شاخص نسبی روابط زیستی در دو گونه الف: کنار و ب: رملیک در دو شیب ۲۵< و ۱۰> درصد. حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال (۹۵ درصد).

نتایج همبستگی نشان داد در هر دو گونه رابطه منفی و معنی‌داری بین فاصله و تنوع سیمپسون و شانون وینر وجود دارد (P<۰/۰۱). علاوه‌براین، درصد شیب رابطه منفی و معنی‌داری با شاخص یکنواختی در گونه کنار نشان داد (جدول ۵).

جدول(۵): همبستگی فاصله و شیب با شاخص‌های تنوع زیستی پوشش علفی

	کنار			
	تنوع سیمپسون	تنوع شانون وینر	یکنواختی پایلو	غنای مارگالف
فاصله	-۰/۴۸۸**	-۰/۵۰۹**	-۰/۰۳۸ ns	-۰/۳۱۸ ns
شیب	-۰/۱۹۱ ns	-۰/۰۵۳ ns	-۰/۵٦٦**	۰/۳۰۶ ns
	رملیک			
	تنوع سیمپسون	تنوع شانون وینر	یکنواختی پایلو	غنای مارگالف
فاصله	-۰/۴۴۸**	-۰/۴۳۸**	- ۰/۱۰۴ ns	- ۰/۲۸۷ ns
شیب	۰/۲۱۵ ns	۰/۲۳۷ ns	۰/۱۵۰ ns	۰/۲۳۰ ns

**و * به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵ درصد و ns بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.

٤- بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه مشاهده گردید که تنوع گونه‌ای در زیر تاج گونه‌های مورد بررسی به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق خارج تاج بود. این تفاوت احتمالاً ناشی از غنی‌تر بودن مواد غذایی، کاهش شدت تابش خورشید و کاهش دمای خاک زیر تاج درختان و درختچه‌ها نسبت به خارج تاج باشد که این امر شرایط مطلوب‌تری برای استقرار و رشد گونه‌های گیاهی مختلف ایجاد می‌کند. این نتایج با یافته‌های Tessema and Belay (۲۰۱۷) و Erfanzadeh et al. (۲۰۲۱) مطابقت دارد. در همین راستا، Jankju et al. (۲۰۱۳) گزارش دادند گیاهان بوته‌ای و پرستار در مناطق خشک و نیمه‌خشک موجب بهبود خصوصیات خاک و کاهش دما و همچنین افزایش رطوبت در زیر اشکوب خود خواهند شد. در تحقیقی دیگر، اشرف‌زاده (۱۳۹۵) نیز تأثیر پوشش تاجی درخت کنار (سدر) بر تنوع گیاهی را مطالعه کرد و دریافت که تنوع گونه‌های گیاهی در زیراشکوب درختان به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق باز اطراف است. وی این نتیجه را به نقش مثبت تاج درختان در حفظ تنوع زیستی پوشش گیاهی نسبت داد، که با یافته‌های این پژوهش همسو است. از سوی دیگر، نقش گیاهان پرستار (مانند کنار و رملیک) در تعدیل شرایط میکروکلیماتیک، ارتقای حاصلخیزی خاک و ایجاد یک مانع در برابر چرای دام، عاملی کلیدی در تسهیل استقرار و بقای گونه‌هایی است که در غیاب این شرایط قادر به ادامه حیات نیستند؛ این فرآیند در نهایت منجر به افزایش تنوع گونه‌ها در جامعه گیاهی می‌گردد (Soliveres and Maestre, 2014؛ Madrigal-Gonzalez et al., 2020؛ Cavieres et al., 2013).

در هر دو گونه مورد مطالعه، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در زیر تاج گونه‌های مورد بررسی به‌طور معنی‌داری بیشتر از مناطق خارج تاج بود. که بیانگر این موضوع است که تاج درختان شرایط بهینه‌ای را برای غنای گونه‌ای فراهم می‌کند، در حالی که با دور شدن از این ناحیه (موقعیت شاهد)، غنای گونه‌ای به‌طور محسوسی کاهش می‌یابد. این نتایج می‌تواند نشان‌دهنده تغییر در منابع و کاهش فشار رقابتی باشد که محیطی مساعدتر برای استقرار و بقای گونه‌های بیشتر فراهم می‌کند. به‌طور کلی غنای گونه‌ای در زیر تاج گونه‌های مورد مطالعه بیشتر از موقعیت شاهد بود که با نتایج Erfanzadeh et al. (۲۰۲۱) که مشاهده کردند مقادیر تنوع گونه‌ای و غنای پوشش علفی در زیراشکوب گونه‌های بادامک (*Amygdalus scoparia*)، آبنوس (*Ebenus stellata*) و دافنه (*Daphne mezereum*) در مراتع نیمه‌خشک بیشتر از خارج تاج بود، همسو است. همچنین با نتایج Camara (۲۰۲۲) مطابقت دارد که گزارش کردند *Coprosma petriei*، *Discaria toumatou* و *Rosa rubiginosa* اثر تسهیلی روی غنای گونه‌ای زیر تاج داشتند و مقدار آن بیشتر از موقعیت خارج تاج بود. در مناطق نیمه‌خشک، درختان و درختچه‌ها می‌توانند با کاهش تبخیر و تعرق و بهبود رطوبت خاک (Maestre et al., 2003؛ Guo et al., 2019) و ورود بیشتر لاشبرگ به همراه کاهش دمای سطح خاک در زیر تاج درختان و درختچه‌ها، شرایط مطلوبی برای ظهور، استقرار و تولیدمثل تعداد بیشتری از گونه‌های گیاهی فراهم کنند. این بهبود شرایط به‌ویژه از طریق افزایش رطوبت قابل دسترس خاک و کاهش تبخیر از سطح خاک حاصل شده و در نهایت منجر به افزایش تنوع و غنای گونه‌ای می‌گردد (Erfanzadeh et al., 2021).

وجود اثر متقابل معنی‌دار گونه در شیب، نشانگر آن است که روند تغییر شاخص تنوع گونه‌ای زیر تاج کنار و رملیک در دو شیب مورد مطالعه، یکسان نیست و با تغییر در درصد شیب، اثر گونه بر میزان شاخص‌ها، متفاوت است. شیب از طریق تغییر نور، دما، رطوبت و ویژگی‌های خاک به‌طور معنی‌داری موجب تغییرات در جوامع گیاهان علفی می‌شود. این تغییرات به نوبه خود باعث تغییر در ترکیب گونه‌ای گیاهان، تولید زیتوده و تنوع‌زیستی می‌گردد. نتایج حاصل از همبستگی بین شاخص یکنواختی و شیب بیانگر این مطلب است که همبستگی متوسط و منفی بین آن‌ها وجود دارد. در شیب‌های ملایم و کمتر از ۱۰ درصد توزیع رطوبت و مواد مغذی یکنواخت‌تر است و فرسایش خاک حداقل بوده و شرایط بهینه برای رشد گیاهان فراهم است. مقدار بالاتر شاخص یکنواختی در شیب‌های کم، نشان‌دهنده توزیع متعادل‌تر افراد بین گونه‌های حاضر در جامعه گیاهی است. به‌طور کلی، این مناطق نه تنها از غنای گونه‌ای بالاتری برخوردارند، بلکه تراکم جمعیت نیز به‌صورت متوازن‌تری میان گونه‌ها توزیع شده است. Wiharto et al. (۲۰۲۱) بالاترین مقدار شاخص یکنواختی را در شیب کمتر از ۱۰ درصد مشاهده کردند. همچنین Ghorbani et al. (۲۰۲۲) بالاترین مقدار شاخص یکنواختی را در شیب صفر تا ۲۰ درصد مشاهده کردند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. مناطق با شیب کم عموماً از نظر اکولوژیکی برای رشد پوشش گیاهی مناسب‌تر هستند، که عمدتاً ناشی از تابش نور کافی و تجمع مواد آلی در خاک در این مناطق می‌باشد (Sanaei et al., 2019؛ Jucker et al., 2018) علاوه‌بر این خاک‌های این مناطق عمیق‌تر هستند (Jucker et al., 2018).

لایه درختی و درختچه‌ای با تعدیل شرایط محیطی می‌تواند شرایط آبی، ویژگی‌های خاک، زیست‌توده گیاهی، تراکم، پوشش و غنای گونه‌ای زیراشکوب را بهبود بخشد (Zhang et al., 2018). بنابراین تحت شرایط تنش خشکی و محدودیت مواد مغذی خاک، تأثیرات مثبت گونه‌های کنار بر گیاهان علفی زیراشکوب ممکن است بر اثرات منفی ناشی از رقابت برای آب و منابع غلبه کند و رشد و توسعه گیاهان زیراشکوب را تسهیل نماید. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها مشاهده گردید که رابطه گونه‌های کنار و رملیک با پوشش علفی زیراشکوب دارای اثر تسهیلی است که با نتایج Al-Namazi and Bonser (۲۰۲۰) که اثر تسهیلی *Acacia gerrardii* روی پوشش علفی زیراشکوب را گزارش کردند همخوانی دارد. از سوی دیگر، شیب‌های ملایم دارای خاک‌های عمیق‌تر و غنی‌تر از نظر مواد مغذی هستند که برای رشد و توسعه گیاهان ضروری می‌باشد (Srinivasan et al., 2015) و موجب افزایش گونه‌ها در زیر تاج گردیده است و از سوی دیگر، شرایط مطلوب زیر تاج گونه کنار و رملیک سبب ایجاد روابط زیستی این گونه‌ها به شکل تسهیل شده است.

مطابق با یافته‌های این پژوهش، گونه‌های کنار و رملیک، با ایجاد شرایط مناسب و تسهیل، موجب حفظ پوشش علفی و تنوع در منطقه مورد مطالعه گردیده است. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که حضور گونه‌های بومی کنار و رملیک می‌تواند به حفظ بیشتر و بهتر پوشش علفی و تنوع در مناطق نیمه‌خشک کمک کند. در همین راستا پیشنهاد می‌شود حفاظت جدی از این مناطق صورت گیرد و برای احیاء اراضی تخریب‌یافته در منطقه مورد مطالعه و همچنین مناطقی با شرایط اکولوژیکی مشابه، به‌منظور جنگلکاری در کنار سایر گونه‌های بومی منطقه از گونه‌های کنار و رملیک برای حفاظت و افزایش تنوع زیستی پوشش علفی استفاده گردد. توجه به درختان و درختچه‌های بومی به‌عنوان ارکان اساسی در حفظ تنوع زیستی و ارائه خدمات اکوسیستمی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، در کنار روند فزاینده تخریب در این مناطق، ضرورت انجام تحقیقات کاربردی را برای تحقق مدیریت پایدار این اکوسیستم‌ها بیش از پیش آشکار می‌سازد.

منابع

اشرف‌زاده، م.، و عرفانزاده، ر. (۱۳۹۴). اهمیت تاج پوشش تک پایه های درختی در حفظ بانک بذر گیاهان مناطق خشک (مطالعه موردی: زرین دشت, استان فارس). مهندسی اکوسیستم بیابان، (۹)۴، ۱۰-۱.

امیری، س.، عرفانزاده، ر.، و اسماعیل‌پور، ی. (۱۳۹۳). مطالعه تغییرات مولفه‌های تنوع گونه‌ای در گرادیان ارتفاع منطقه حفاظت شده گنو با استفاده از روش تقسیم‌بندی افزایشی. پژوهش‌های فرسایش محیطی، (۴)۴، ۷۷-۶۴.

جعفری، ا. (۱۳۹۲). نقش تسهیل کنندگی گیاه پرستار کنار (*Ziziphus spina- christi L.*Will.) بر ایجاد جزایر حاصلخیز و اثر آن بر جامعه گیاهی و خصوصیات خاک ناحیه رویشی صحرا–سندی در جنوب فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی (مدیریت مناطق بیابانی)، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ۱۳۳ص.

خزانی، م. ع.، علیجانپور، ا.، معتمدی، ج.، و شیدای کرکج، ا. (۱۴۰۱). تأثیر تاج پوشش درختان بر تنوع گونه‌ای زیرآشکوب جنگل (مطالعه موردی: ذخیرگاه نژدره، ارومیه، آذربایجان غربی). پژوهش‌های گیاهی (زیست شناسی ایران)، (۲)۳۵، ۲۹۲-۲۹۴.

داودآبادی فراهانی، ز.، عابدی، م.، و Michalet، R. (۱۳۹۶). مقایسه‌ی روابط زیستی گونه‌ی درختی *Juniperus excelsa* با چهار گونه‌ی زیر اشکوب آن، اولین همایش ملی صیانت و حفاظت از جنگل‌های ارسباران، تبریز، شهریور ۱۳۹۶، ۱۵۶۰ص.

طالشی، ح.، و اکبری‌نیا، م. (۱۳۹۰). تنوع زیستی گونه‌های چوبی و علفی در رابطه با عوامل محیطی در جنگل‌های پایین بند شرق نوشهر. زیست‌شناسی ایران، (۵)۲۴، ۷۶۶-۷۷۷.

مظفریان، و. (۱۳۸۷) فلور ایلام. تهران: انتشارات فرهنگ معاصر، ۹۳۶ص.

Al-Namazi, A. (2019). Effects of plant-plant interactions and herbivory on the plant community structure in an arid environment of Saudi Arabia. Saudi Journal of Biological Sciences, 26(7), 1513-1518.

Al-Namazi, A.A., and Bonser, S.P. (2020). Plant strategies in extremely stressful environments: are the effects of nurse plants positive on all understory species? Journal of Plant Interactions, 15(1), 233-240.

Armas, C., Ordiales, R., and Pugnaire, F. I. (2004). Measuring plant interactions: a new comparative index. Ecology, 85(10), 2682-2686.

Bargali, S.S., Shahi, C., Bargali, K., Negi, B., and Khatri, K. (2022). Energy and monetary efficiencies at the different altitudinal agroecosystems in central Himalaya, India. Heliyon, 8(11).

Bassene, J., Diedhiou, S., Goudiaby, A.O., Sambou, A., Sow, M., Sagna, Y.P., Diatta, Y., Fall, S., Ndoye, I., and Diallo, M.D. (2023). Influence of Parkia biglobosa (Jacq.) R. Br. Ex G. Don on the Herbaceous Vegetation in the Katouré Valley of the Commune of Nyassia (Basse Casamance-Senegal). Asian Journal of Environment & Ecology, 21(3), 38-51.

Bisht, S., Bargali, S.S., Bargali, K., Rawat, G.S., Rawat, Y.S., and Fartyal, A. (2022). Influence of anthropogenic activities on forest carbon stocks-a case study from Gori Valley, Western Himalaya. Sustainability, 14(24), 16918.

Bricca, A., Chelli, S., Canullo, R., and Cutini, M. (2020). The legacy of the past logging: How forest structure affects different facets of understory plant diversity in abandoned coppice forests. Diversity, 12(3), 109.

Camara, A. (2022). Do Woody Plants Facilitate Herbaceous Plants in Dryland New Zealand. Asian Journal of Environment & Ecology. 18(3), 1-13.

Carranza, D.M., Varas-Belemmi, K., De Veer, D., Iglesias-Müller, C., Coral-Santacruz, D., Méndez, F.A., Torres-Lagos, E., A. Squeo, F., and Gaymer, C.F. (2020). Socio-environmental conflicts: An underestimated threat to biodiversity conservation in Chile. Environmental Science & Policy, 110, 46-59.

Cavieres, L.A., Brooker, R.W., Butterfield, B.J., Cook, B.J., Kikvidze, Z,.Lortie, C.J., Michalet, R., Pugnaire, F.I., Schöb, C., Xiao, S., Anthelme, F., Björk, R.G., Dickinson, K.J.M., Cranston, B.H., Gavilán, R,.Gutiérrez-Girón, A., Kanka, R., Maalouf, J.P., Mark, A.F., Noroozi, J., Parajuli, R., Phoenix, G.K., Reid,A.M., Ridenour, W.M., Rixen,CH., Wipf, S., Zhao, L., Escudero, A., Zaitchik, B.F., Lingua, E., Aschehoug, E.T., and Callaway, R. M. (2013). Facilitative plant interactions and climate simultaneously drive alpine plant diversity. Ecology Letters, 17(2), 193–202.

Dai, D., Ali, A., Huang, X., Teng, M., Wu, C., Zhou, Z., and Liu, Y. (2020). Soil available phosphorus loss caused by periodical understory management reduce understory plant diversity in a Northern Subtropical Pinus massoniana Plantation Chronosequence. Forests, 11(2), 231.

Dula, G. (2022). Herbaceous Diversity under Indigenous Tree Canopies in Case of Guduru District, Western Oromia, Ethiopia. Journal of Biodiversity Management & Forestry, 11(1).

Ellison, A.M. (2019). Foundation species, non-trophic interactions, and the value of being common. Iscience, 13, 254-268.

Erfanzadeh, R., Yazdani, M., and Arani, A.M. (2021). Effect of different shrub species on their sub-canopy soil and vegetation properties in semiarid regions. Land Degradation & Development, 32(11), 3236-3247.

Garg, S., Joshi, R.K., and Garkoti, S.C. (2022). Effect of tree canopy on herbaceous vegetation and soil characteristics in semi-arid forests of the Aravalli hills. Arid Land Research and Management, 36(2), 224-242.

Gavini, S.S., Ezcurra, C., and Aizen, M.A. (2019). Plant–plant interactions promote alpine diversification. Evolutionary ecology, 33(2), 195-209.

Ghorbani, A., Porghorban, N., Moameri, M., Ghafari, S., and Taheri Niari, M. (2022). Effects of topographic variables on plant species diversity in rangelands of Hir County, Ardabil Province, Iran. Ecopersia, 10(4), 285-295.

Guo, Q., Song, H., Kang, J., Korpelainen, H., and Li, C. (2018). Different responses in leaf-level physiology to competition and facilitation under different soil types and N fertilization. Environmental and experimental botany, 150, 69-78.

Guo, Y., Schöb, C., Ma, W., Mohammat, A., Liu, H., Yu, S., Jiang, Y., Schmid, B., and Tang, Z. (2019). Increasing water availability and facilitation weaken biodiversity–biomass relationships in shrublands. Ecology, 100(3), e02624.

Hua, F., Bruijnzeel, L.A., Meli, P., Martin, P.A., Zhang, J., Nakagawa, S., Miao, X., Wang, W., Mecvoy, CH., Pena-Arancibia, J.L., Brancalion, P.H.S., Smith, P., Edvards, D.P., and Balmford, A. (2022). The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. Science, 376 (6595), 839–844.

Huang, K., Xu, C., Qian, Z., Zhang, K., and Tang, L. (2023). Effects of Pruning on Vegetation Growth and Soil Properties in Poplar Plantations. Forests, 14(3), 501.

Isbell, F., Craven, D., Connolly, J., Loreau, M., Schmid, B., Beierkuhnlein, C., Martijn_Bezemer, T., Bonin, C., Bruelheide, H., de Luca, E., Ebeling, A., N. Griffin, J., Guo, Q., Hautier, Y., Hector, A., Jentsch, A., Kreyling, J., Lanta, V., Manning, P., T. Meyer, S., S. Mori, A., Naeem, SH., A. Niklaus, P., Wayne Polley, H., and Eisenhauer, N. (2015). Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. Nature, 526(7574), 574-577.

Jiang, Z., Ma, K., Liu, H., and Tang, Z. (2018). A trait-based approach reveals the importance of biotic filter for elevational herb richness pattern. Journal of Biogeography, 45(10), 2288-2298.

Jankju, M. (2013). Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: Effects of microclimate on grass establishment. Journal of Arid Environments, 89, 103-109.

Jucker, T., Bongalov, B., Burslem, D.F., Nilus, R., Dalponte, M., Lewis, S. L., Oliver, L., Phillips, L.Q., and Coomes, D.A. (2018). Topography shapes the structure, composition and function of tropical forest landscapes. Ecology letters, 21(7), 989-1000.

Kassa, H., Gebrehiwet, K., and Yamoah, C. (2010). Balanites aegyptiaca, a potential tree for parkland agroforestry systems with sorghum in Northern Ethiopia. Journal of Soil Science and Environmental Management, 1(6), 107-114.

Keikha, M., Darzi-Naftchali, A., Motevali, A., and Valipour, M. (2023). Effect of nitrogen management on the environmental and economic sustainability of wheat production in different climates. Agricultural Water Management, 276, 108060.

Kong, C.H., Li, Z., Li, F.L., Xia, X.X., and Wang, P. (2024). Chemically mediated plant–plant interactions: Allelopathy and allelobiosis. Plants, 13(5), 626.

Kumar, M., Verma, A.K., and Garkoti, S.C. (2020). Lantana camara and Ageratina adenophora invasion alter the understory species composition and diversity of chir pine forest in central Himalaya, India. Acta Oecologica, 109, 103642.

Losapio, G., Pugnaire, F.I., O'Brien, M.J., and Schöb, C. (2018). Plant life history stage and nurse age change the development of ecological networks in an arid ecosystem. Oikos, 127(9), 1390-1397.

Losapio, G., Norton Hasday, E., Espadaler, X., Germann, C., Ortiz-Sánchez, F.J., Pont, A., Sommaggio, D., and Schöb, C. (2021). Facilitation and biodiversity jointly drive mutualistic networks. Journal of Ecology, 109(5), 2029-2037.

Lozano, Y.M., Hortal, S., Armas, C., and Pugnaire, F.I. (2020). Complementarity in nurse plant systems: soil drives community composition while microclimate enhances productivity and diversity. Plant Soil, 450, 385–396.

Lozano, Y.M., Armas, C., Hortal, S., Casanoves, F., and Pugnaire, F.I. (2017). Disentangling above-and below-ground facilitation drivers in arid environments: the role of soil microorganisms, soil properties and microhabitat. New Phytologist, 216(4), 1236-1246.

Madrigal-Gonzalez, J., Cano-Barbacil, C., Kigel, J., Ferrandis, P ,.and Luzuriaga, A.L. (2020). Nurse plants promote taxonomic and functional diversity in an arid Mediterranean annual plant community. Journal of Vegetation Science, 31(4), 658–666.

Maestre, F.T., Bautista, S., and Cortina, J. (2003). Positive, negative, and net effects in grass–shrub interactions in Mediterranean semiarid grasslands. Ecology, 84(12), 3186-3197.

Margalef, R. (1958). Information Theory in Ecology. General Systems, 3, 36-71.

Meng, X., Fan, S., Dong, L., Li, K., and Li, X. (2023). Response of Understory Plant Diversity to Soil Physical and Chemical Properties in Urban Forests in Beijing, China. Forests, 14(3), 571.

Mirzabaev, A., Wu, J., Evans, J., Garcia-Oliva, F., Hussein, I.A.G., Iqbal, M.H., Kimutai, J., Knowles, T., Meza, F., Nedjroaoui, D. and Tena, F., (2019). Desertification. In: P R. Shukla, J. Skea, E. CalvoBuendia, Shukla, P.R., Skeg, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., van Diemen, R., Ferrat,M., Haughey, E., Luz, S., Pathak, M., Petzold, J., Portugal Pereira, J., Vyas, P., Huntley, E., Kissick, K., Belkacemi, M., and Malley, J. (Eds.), Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

Moeslund, J.E., Arge, L., Bøcher, P.K., Dalgaard, T., and Svenning, J.C. (2013). Topography as a driver of local terrestrial vascular plant diversity patterns. Nordic Journal of Botany, 31(2), 129-144.

Noumi, Z. (2020). Can native shrubs facilitate the establishment of trees under arid bioclimate? A case study from Tunisia. Flora, 263, 151517.

Parajuli, R., O'Brien, M.J., Timilsina, B., Pugnaire, F.I., Schöb, C., and Ghimire, S.K. (2021). Facilitation by a dwarf shrub enhances plant diversity of human-valued species at high elevations in the Himalayas of Nepal. Basic and Applied Ecology, 54, 23-36.

Piacentini, T., Galli, A., Marsala, V., and Miccadei, E. (2018). Analysis of Soil Erosion Induced by Heavy Rainfall: A Case Study from the NE Abruzzo Hills Area in Central Italy. Water, 10(10), 1314.

Pielou, E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of theoretical biology, 13, 131-144.

Sanaei, A., Li, M., and Ali, A. (2019). Topography, grazing, and soil textures control over rangelands' vegetation quantity and quality. Science of the Total Environment, 697, 134153.

Shannon, C.E. and Wiener, W., 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, 350p.

Simpson, E. (1949). Measurement of Diversity. Nature, 688p.

Soliveres, S., and Maestre, F.T. (2014). Plant–plant interactions, environmental gradients and plant diversity: a global synthesis of community-level studies. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 16(4), 154-163.

Srinivasan, M.P., Bhatia, S., and Shenoy, K. (2015). Vegetation-environment relationships in a South Asian tropical montane grassland ecosystem: restoration implications. Tropical Ecology, 56(2), 201-217.

Tessema, Z.K., and Belay, E.F. (2017). Effect of tree species on understory vegetation, herbaceous biomass and soil nutrients in a semi-arid savanna of Ethiopia. Journal of Arid Environments, 139, 76-84.

Ugarte, R.M., Gavilán, R.G., and Rubio, A. (2024). Assessing the occurrence of soil improvement and its relationship to the dominant life form in the high mountains of Central Spain. Geoderma Regional, 36, e00744.

Valladares, F., Laanisto, L., Niinemets, Ü., and Zavala, M.A. (2016). Shedding light on shade: ecological perspectives of understorey plant life. Plant Ecology & Diversity, 9(3), 237-251.

Wiharto, M., Wijaya, M., and Hamka, L. (2021). The Understory Herbaceous Vegetation at Tropical Mountain Forest of Mount Bawakaraeng, South Sulawesi. Physics: Conference Series, 1899 (1). 012002.

Xu, Y.J., Chen, Y.N., Li, W.H., Fu, A.H., Ma, X.D., Gui, D.W., and Chen, Y.P. (2010). Distribution pattern and environmental interpretation of plant species diversity in the mountainous region of Ili River Valley, Xinjiang, China. Chinese Journal of Plant Ecology, 34(10), 1142-1154.

Xu, L., Xu, X., and Meng, X. (2013). Risk assessment of soil erosion in different rainfall scenarios by RUSLE model coupled with Information Diffusion Model: A case study of Bohai Rim, China. Catena, 100, 74-82.

Yadav, S., Modi, P., Dave, A., Vijapura, A., Patel, D., and Patel, M. (2020). Effect of abiotic stress on crops. Sustainable crop production, 3(17), 5-16.

Zhang, G., Zhao, W., Zhou, H., Yang, Q., and Wang, X. (2018). Extreme drought stress shifts net facilitation to neutral interactions between shrubs and sub-canopy plants in an arid desert. Oikos, 127(3), 381-391.

Management of Natural Ecosystems
Volume 4, Issue 3, Autumn 2024, 61-73
http://emj.ardakan.ac.ir/article_730833.html

Effect of Ziziphus spina-christi and Ziziphus nummularia canopy on the herbaceous plant diversity and biological relationships in semi-arid regions

Najmeh Noorbakhsh[1], Javad Mirzaei[2*], Jaafar Hosseinzadeh[3], Reza Omidipour[4]

CC BY

Research Article

1. Ph.D. Student, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
noorbakhsh.najmeh@yahoo.com

2. Associate Professor, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
j.mirzaei@ilam.ac.ir

* Corresponding author

3. Associate Professor, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
j.hoseinzadeh@ilam.ac.ir

4. Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
r.omidipour@ilam.ac.ir

Article Code: 2509-1120
Countinus Pagination: 888-900

Received: 29 September 2025
Accepted: 18 October 2025
Online: 22 October 2025
Review speed: 20 days

Citation:
Noorbakhsh, N., Mirzaei, J., Hosseinzadeh, J., and Omidipour, R. (2024). Effect of Ziziphus spina-christi and Ziziphus nummularia canopy on the herbaceous plant diversity and biological relationships in semi-arid regions. Management of Natural Ecosystems, 4(3), 61-73.

Abstract

Arid and semi-arid regions are among the most extensive terrestrial biomes, and due to their unfavorable climatic conditions the growth and establishment are limitedof plant species sensitive to environmental conditions. In these areas, the presence of tree and shrub species as nurse plants plays an important role in improving the conditions for the establishment of other plants. However, the interactive effects of environmental factors such as slope and type of different plant species on the diversity and biological relationships of herbaceous plants have received little attention. Sampling of herbaceous vegetationbeneath the canopy of *Ziziphus spina-christi* and *Ziziphus nummularia*species was carried out in three different positions: midpoint of the canopy, canopy edge, 2 meters beyond the canopy edge, in two slope classes of less than 10% and more than 25% during the spring season. Subsequently, Shannon-Wiener, Simpson, Margalef richness and Pielou evenness indices were calculated. to determine the type of biological interactions (facilitative, neutral or competitive), the relative interaction index was calculated. The results showed that in both species, the highest of Simpson, Shannon–Wiener diversity and Margalef richness was recorded under canopy. The results also showed that earth slope had a significant effect on evenness (P <0.05). So that, in the *Z. spina-christi* species, the highest value of this index was observed at slopes of less than 10%. In addition, slope showed a significant effect on relative interaction index, such that in the *Z. spina-christi* and *Z. nummularia* species, the highest value of this index was observed at a slope of less than 10%. Based on the results of mean comparisons, it was observed that the relationship between the *Z. spina-christi* and *Z. nummularia* species and the understory herbaceous vegetation exhibited a facilitative effect. These findings demonstrate that the presence of *Z. spina-christi* and *Z. nummularia* cover in semi-arid and desert regions plays a crucial role in maintaining and enhancing herbaceous diversityin herbaceous cover. This result highlights the importance of selecting appropriate species to maintaining biodiversity in plantation projects.

Key Words:

Vegetation restoration, Facilitation, Competition, Nurse Species.

ISSN: 2821-0182
DOI: 10.22034/emj.2025.730833