Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Investigating the Effect of Removal and Addition of Litter on the Facilitating Role of Shrub and Grass Species in Semi-Arid Rangelands of Kerman Province Using Structural Equation Model

Azam Khosravi Mashizi*[1], Mohsen Sharafatmandrad[1], Esfandiar Jahantab[2]

1. Corresponding author; Associate Prof., Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jirof, Iran. E-mail: azam.khosravi@ujiroft.ac.ir
2. Associate Prof., Department of Range and Watershed Management (Nature Engineering), Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2025; Vol 18, Issue 4

Article history:
Received: 29.10.2024
Revised: 08.12.2024
Accepted: 11.12.2024

Keywords:
Litter,
Nurse plant,
Soil carbon,
legume species.

Abstract

Background and objectives: In arid and semi-arid regions, plant species create microclimates under their shade, facilitating the establishment of other species. Litter production in ecosystems fluctuates due to management and environmental reasons. Understanding how understory plant growth and soil nutrient cycling respond to litter amounts can provide insights into the feedback between rangeland ecosystems, climate, and management changes.

Methodology: Before the growing season, 60 plots were established under the canopy of 20 adult plants of each species (Astergalus gossypinus Fisch., Hyparrhenia hirta (L.) Stapf, and Artemisa aucheri Boiss.) for litter treatments. For each species, in 5 plots, all litter was removed (0% litter) and placed on the litter of 5 other plots (200% litter). In 5 plots, half of the litter was removed, and 5 plots were maintained as control plots (100% litter). At the end of the growing season, the number of individual species under A. gossypinus, H. hirta, and A. aucheri was recorded, and their production was estimated by cutting and weighing. Soil samples (1 kg) were taken from a depth of 0 to 30 cm in each plot to determine organic carbon (using Walkey and Black methods) and soil moisture (using the weight method).

Results: The three species showed significant differences in understory plant production at the 95% confidence level. For A. gossypinus, the highest production of understory species was observed in the 200% litter treatment, while A. aucheri showed no significant difference across treatments at the 95% confidence level. In H. hirta, the highest production of understory species was observed in the 0% litter treatment. For all three species, carbon and soil moisture significantly decreased with litter removal and increased with litter addition ($p < 0.05$). The structural equation model indicated that nitrogen-fixing species had the greatest direct effect on the sub-shrub species ($p < 0.01$). Litter had a significant indirect effect on the species under A. gossypinus through soil moisture and carbon ($p < 0.05$).

Conclusion: Shrub species played a more effective role than grass species in facilitating understory plant growth. There was no consistent relationship between litter removal/addition and understory production. Species responses to litter removal/addition varied significantly. Litter quality had a greater impact on the facilitating role of species than litter quantity. In general, species with a higher

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

facilitating role were more sensitive to litter removal/addition, a factor that should be considered in pasture management plans.

Cite this article: Khosravi Mashizi, A., M. Sharafatmandrad, E. Jahantab, 2025. Investigating the Effect of Removal and Addition of Litter on the Facilitating Role of Shrub and Grass Species in Semi-Arid Rangelands of Kerman Province Using Structural Equation Model. Journal of Rangeland, 18(4): 582-598.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

بررسی تاثیر حذف و اضافه شدن لاشبرگ بر نقش تسهیلاتی گونه‌های بوته‌ای و گندمی در مراتع نیمه‌خشک استان کرمان با استفاده از مدل معادلات ساختاری

اعظم خسروی مشیزی*[۱]، محسن شرافتمندراد[۱]، اسفندیار جهانتاب[۲]

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران. رایان‌نامه: azam.khosravi@ujiroft.ac.ir

۲. دانشیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری (طبیعت)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، فسا، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۳؛ جلد ۱۸، شماره ۴

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۸/۰۸
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۱

واژه‌های کلیدی:
کمیت لاشبرگ،
گونه پرستار،
کربن خاک،
گونه لگوم.

چکیده

سابقه و هدف: در مناطق خشک و نیمه‌خشک، گونه‌های گیاهی میکرواقلیم‌های جدیدی را در زیر سایه‌خود شکل می‌دهند و استقرار گونه‌های دیگر را تسهیل می‌کنند. تولید لاشبرگ گونه‌ها در عملکرد تسهیگری این گونه‌های اهمیت زیادی دارد. از آنجا که تولید لاشبرگ در اکوسیستم‌ها به دلایل محیطی و مدیریتی کم و زیاد می‌شود. درک چگونگی واکنش رشد گیاهان زیراشکوب و چرخه مواد غذایی خاک به مقدار لاشبرگ می‌تواند به ما در درک بهتر بازخورد بین اکوسیستم مرتعی و تغییرات آب و هوایی و مدیریتی کمک کند.

مواد و روش‌ها: قبل از فصل رویش، در زیر تاج پوشش ۲۰ پایه بالغ از هر گونه *Astergalus gossypinus* *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf.Fisch. و *Artemisa aucheri* Boiss. ۲۰ پلات انداخته شد و تیمارهای لاشبرگ اجرا شد. به‌طوریکه برای هر گونه، در ۵ پلات تمام لاشبرگ از سطح پلات جمع‌آوری شد (۰٪ لاشبرگ) و بر روی لاشبرگ ۵ پلات دیگر ریخته شد (۲۰۰٪ لاشبرگ). در ۵ پلات هم نیمی از مقدار لاشبرگ جمع‌آوری شده به پلات اضافه شد (۵۰٪ لاشبرگ). ۵ پلات هم به عنوان پلات کنترل در نظر گرفته شد (۱۰۰٪ لاشبرگ). پلات‌ها نشانه‌گذاری شدند. در پایان فصل رشد تعداد پایه گونه‌های زیراشکوب یادداشت شد و تولید آنها با روش قطع و توزین برآورد شد. در هر پلات نمونه‌های خاک ۱ کیلوگرمی، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شده و درصد کربن آلی خاک به روش والکی و بلاک، درصد رطوبت خاک به روش وزنی و دما خاک با استفاده از دماسنج برآورد شد.

نتایج: نتایج نشان داد عملکرد سه گونه از نظر حمایت گیاهان زیراشکوب تفاوت معنی‌داری داشت ($p < ۰/۰۵$). گونه *A. gossypinus* با میانگین ۲۴±۱۰۸گرم در متر مربع دارای بیشترین مقدار تولید گونه‌های زیراشکوب بود. بیشترین تولید گونه‌های زیراشکوب برای گونه *A. gossypinus* در تیمار ۲۰۰ درصد لاشبرگ بود. اما تولید گونه‌های زیراشکوب در تیمارهای مختلف لاشبرگ برای گونه *A. aucheri* اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان نداشتند. بیشترین مقدار تولید گونه‌های زیراشکوب در تیمار لاشبرگ صفر درصد گونه *H. hirta* مشاهده شد. برای هر سه گونه، کربن و رطوبت خاک با حذف لاشبرگ بطور معنی‌داری کاهش و با افزایش لاشبرگ بطور معنی‌داری افزایش یافته بود. مدل معادلات ساختاری نشان داد که بطور مستقیم گونه *A. gossypinus* که از گونه‌های تثبیت کننده نیتروژن است، بیشترین تاثیر را بر گونه‌های زیراشکوب دارد ($p <۰/۰۱$). لاشبرگ بطور غیر مستقیم از طریق رطوبت و کربن خاک بر گونه های زیراشکوب تاثیر معنی‌داری دارد ($p <۰/۰۵$).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

نتیجه‌گیری: گونه‌های بوته‌ای نسبت به گونه گندمی نقش تسهیلگری موثرتری داشتند. رابطه مشخصی بین حذف و اضافه شدن لاشبرگ و تولید گونه‌های زیراشکوب وجود نداشت. عکس‌العمل گونه‌ها به حذف و اضافه شدن لاشبرگ بسیار متفاوت بود. گونه گون نسبت به گونه‌های دیگر نقش تسهیلاتی بالاتری داشت و این امر در برنامه‌های احیای مراتع خشک و نیمه‌خشک باید لحاظ شود. البته عملکرد تسهیلاتی گونه گون به حذف و اضافه شدن لاشبرگ حساس‌تر بود. بنابراین، شدت چرا باید به نحوی تنظیم شود که حداقل ۵۰ درصد لاشبرگ گونه گون در اکوسیستم باقی بماند.

استناد: خسروی مشیزی، ا.، م. شرافتمندراد، ا. جهانتاب، ۱۴۰۳. بررسی تاثیر حذف و اضافه شدن لاشبرگ بر نقش تسهیلاتی گونه‌های بوته‌ای و گندمی در مراتع نیمه‌خشک استان کرمان با استفاده از مدل معادلات ساختاری. مرتع، ۱۸(۳): ۵۸۲-۵۹۸.

DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

مقدمه

عملکرد اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر اجزای ساختاری، فرآیندها، بازخوردها و تعاملات بین آنها قرار می‌گیرد (۶۹). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بسیاری از گونه‌های گیاهی میکرواقلیم‌های متفاوتی را در زیر سایه خود شکل می‌دهند و استقرار گونه‌های دیگر را در این اکوسیستم‌های تحت استرس تسهیل می‌کنند (۸). این گونه‌ها که اغلب به عنوان گیاهان پرستار شناخته می‌شوند، عوامل استرس‌زا مربوط به در دسترس بودن آب، تابش اشعه ماوراء بنفش و نوسانات دما - کاهش می‌دهند و به رشد و توسعه سایر گونه‌های حساس کمک می‌کنند (۲۳). این فرآیند سبب می‌شود الگوهای پوشش گیاهی لکه‌ای را ایجاد کند که از ویژگی اصلی اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک است (۵۹). گیاهان پرستار آنهایی هستند که رشد و نمو سایر گونه‌های گیاهی را در زیر سایه خود تسهیل می‌کنند، زیرا آنها نسبت به محیط اطراف زیستگاه‌های مناسب‌تری برای جوانه‌زنی یا رشد نهال‌ها فراهم می‌کنند (۵۹). گیاهان زیراشکوب گونه‌های پرستار از نظر عملکردی متنوع هستند، زیرا تفاوت‌های عملکردی بین گیاهان تسهیل‌شده امکان همزیستی آن‌ها را فراهم می‌کند (۱۳ و ۵۱). گیاهان پرستار عمدتاً برای احیای پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک در سال اخیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

ال-کبلاوی و همکاران (۲۰۱۶) نقش تسهیلاتی گونه‌های بوته و گندمی را بررسی کردند و گزارش دادند که مواد آلی و بسیاری از مواد مغذی خاک به طور قابل توجهی در زیر بوته‌ها و گندمی‌ها بیشتر از فضاهای خالی بین آنها است. در مطالعه ایشان اثر تسهیل‌کننده گندمی‌ها بر گونه‌های زیراشکوب نسبت به بوته‌ها آشکارتر بود و اعتقاد دارند که توسعه بوته‌ها و گندمی‌ها به‌عنوان گونه‌های پرستار برای بازسازی اکوسیستم‌های بیابانی خشک و تخریب‌شده بسیار مفید است. ورگار فگاندس و همکاران (۲۰۲۲) تاثیر ویژگی‌های گونه‌های گیاهی را بر عملکرد تسهیلاتی آنها در مناطق خشک را بررسی کردند و گزارش دادند که بین سطح برگ و عملکرد تسهیلاتی گونه‌ها رابطه منفی وجود دارد. هرچه نسبت ریشه به برگ بیشتر باشد نقش تسهیلاتی گونه‌ها در مناطق خشک بهتر است. نتایج مولینا-مونتگارو و همکاران (۲۰۱۶) نقش پرستاری گونه *Porlieria chilensis* بر روی گونه‌های بومی از طریق بهبود شرایط اقلیمی (دمای هوا، رطوبت خاک، و تابش خورشیدی) و ادافیکی (در دسترس بودن نیتروژن) را نشان داد. مارش و همکاران (۲۰۲۳) نقش پرستاری گونه‌های بوته‌ای بر رشد نهال‌های درختان بررسی کردند و نتیجه گرفتند که که کاشت نهال درختان در زیر بوته‌ها بقای نهال درخت را تا ۴۶ درصد پس از ۳ سال افزایش داده‌است. نتایج یاری و همکاران (۲۰۲۴) بیانگر نقش تسهیلاتی دو گونه گون کتیرا (*Astragalus gossypinus* Fisch.) و کلاه‌میرحسن (*Acantholimon raddeanum*) بر گونه‌های زیراشکوب خود در مراتع ییلاقی بهارکیش قوچان، خراسان‌رضوی است.

فعل و انفعالات مثبت بین گیاهان اغلب تنوع جامعه را افزایش می‌دهد (۱۷) و به نوبه خود، عملکرد و پایداری جوامع بوم‌شناختی را افزایش می‌دهد (۲۹). گیاهان پرستار (مانند بوته، گندمیان و درختان) می‌توانند شرایط محیطی محلی را بهبود بخشند، تنوع زیستی را در زیر تاج پوشش خود و در کل اکوسیستم افزایش دهند و کل جوامع را سازمان‌دهی کنند (۱۷ و ۴۴). با افزایش منابع و تنوع زیستی، گیاهان پرستار می‌توانند شبکه‌های تعاملات اکولوژیکی را شکل دهند (۳۷) و در نهایت بر عملکرد اکوسیستم تأثیر بگذارند (۳۸). یکی از مکانسیم‌های اصلی برای عملکرد تسهیلگری گونه‌ها از طریق غنی‌سازی مواد مغذی برای گیاهان همسایه است (۷۰). بوته‌ها به‌دلیل جذب آب و به دام انداختن رسوبات، مواد مغذی و دانه‌ها به‌عنوان لکه‌های حاصلخیز با تنوع بالا در نظر گرفته می‌شوند (۳۴). در واقع گیاهان با تولید لاشبرگ بر کربن خاک تاثیر مثبت داشته و مواد غذایی برای گونه‌های زیراشکوب خود فراهم می‌کنند (۳۸). غلظت منابع مختلف در لکه‌های گونه‌های چندساله باعث افزایش استقرار نهال‌ها، سرعت جوانه‌زنی و کاهش میزان مرگ و میر گیاهان در زیر این لکه‌ها می‌شود (۶۹).

لاشبرگ حاصل‌خیزی خاک و در دسترس بودن مواد مغذی را حفظ می‌کند (۵۴)، زیرا لاشبرگ منبع اصلی انرژی، کربن و دیگر عناصر غذایی است و مواد غذایی مورد نیاز پوشش گیاهی را به صورت قابل جذب در دسترس آنها

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

قرار می‌دهد (۱۲). میزان لاشبرگ به طور کلی توسط تغییرات آب و هوایی جهانی مانند گرم شدن هوا و افزایش دی اکسید کربن افزایش می‌یابد (۲۷) و با خشکسالی، باران اسیدی و دخالت‌های انسانی مانند برداشت علوفه کاهش می‌یابد (۷۴). تغییرات در مقدار لاشبرگ بستر به‌دلیل تغییرات آب و هوایی یا فعالیت‌های انسانی می‌تواند به شدت بر چرخه مواد غذایی خاک تأثیر بگذارد (۲۰). حذف کامل لاشبرگ باعث حذف مواد شیمیایی از خاک می‌شود که منحصر به فرد در لاشبرگ بیوماس هوایی یافت می‌شوند (۷۵). کمبود لاشبرگ یا عدم‌حضور لاشبرگ ممکن است استرس‌های گرمایی و خشکی در مناطق خشک و نیمه‌خشک را افزایش دهد (۲۷). حذف لاشبرگ باعث از بین رفتن زیستگاه مناسب جانوران و تجزیه کنندگان شده و درنتیجه نیتروژن خاک کاهش می‌یابد و رشد گونه‌ها را دچار محدودیت کند (۵۶). بررسی تیمارهای مختلف حذف و اضافه لاشبرگ می‌تواند آستانه‌ای از میزان لاشبرگ که مانع رشد یا بهبود چرخه مواد غذایی و رشد گیاهان می‌شود را مشخص می‌کند (۶۸). درک چگونگی واکنش رشد گیاهان زیراشکوب و چرخه مواد غذایی خاک به مقدار لاشبرگ می‌تواند به ما در درک بهتر بازخورد بین اکوسیستم مرتعی و تغییرات آب و هوایی جهانی کمک کند (۲). بنابراین مطالعه حاضر به بررسی تاثیر حذف و اضافه شدن لاشبرگ بر نقش تسهیلاتی گونه‌های بوته‌ای درمنه (*Artemisa aucheri* Boiss.) و گون (*Astergalus gossypinus* Fisch.) و گونه گندمی (*Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf) در مراتع نیمه‌خشک استان کرمان می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه

این مطالعه در مراتع شهر جیرفت (۵۷ درجه ۱ دقیقه تا ۵۷ درجه ۳۵ دقیقه شرقی و ۲۸ درجه ۴۰ دقیقه تا ۲۹ درجه شمالی ۲۱ دقیقه شمالی) انجام شد. میانگین بارندگی سالانه حدود ۳۱۲ میلی‌متر است. منطقه دارای تابستان معتدل با میانگین دمای روزانه حدود ۲۸ درجه سانتیگراد است، و زمستان‌های نسبتا سرد زمانی که میانگین دمای روزانه حدود ۳۸- درجه سانتی‌گراد است. مساحت این منطقه حدود ۱۴۱۲ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۲۶۰۸ متر است. مرتع کاربری اصلی منطقه است. پوشش گیاهی عمدتاً بوته‌های درمنه (*Artemisa aucheri* Boiss.)، گون (*Astergalus gossypinus* Fisch.) و گونه گندمی نرشیت (*Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf) است. گونه *A. aucheri* از خانواده کاسنی است، که به‌دلیل قدرت تولید مثل قابل توجه، انتشار وسیع و سازگاری آن با شرایط نیمه خشک و همچنین مقاومت به چرا در اکثر نقاط ایران به وفور یافت می‌شود (۳). گونه *A. gossypinus* از خانواده بقولات است، که توانایی تثبیت نیتروژن را دارند (۵۷). *H. hirta* از خانواده گندمیان است. این گونه گیاهی، به‌دلیل تراکم و خصوصیات رویشی،دارا بودن سیستم ریشه ای قوی، افشان و کلافی،غالبیت اکولوژیک، نوع فرم رویشی (پیازدار، ریزوم‌دار...)، قدرت سازگاری فوق‌العاده با شرایط دشوار محیطی نظیر کمبود رطوبت، کمبود مواد آلی، نوسان‌های شدید دمایی را دارد (۵۵).

داده‌برداری

قبل از فصل رویش، در زیر تاج پوشش ۲۰ پایه بالغ از هر سه گونه مورد مطالعه ۲۰ پلات ۱متر×۱متر انداخته شد و تیمارهای لاشبرگ اجرا شد. با کاهش و افزایش مقدار لاشبرگ گونه‌ها، تاثیر لاشبرگ بر نقش تسهیلگری گونه‌ها بررسی شد. حذف کامل لاشبرگ و ۵۰ درصد لاشبرگ به عنوان تیمارهای حذف لاشبرگ در نظر گرفته شد و برای بررسی تاثیر افزایش لاشبرگ نیز افزایش ۲۰۰ درصد لاشبرگ در نظر گرفته شد. بطوریکه برای هر گونه، در ۵ پلات تمام لاشبرگ گونه از سطح پلات جمع‌آوری شد (۰٪ لاشبرگ) و بر روی لاشبرگ ۵ پلات دیگر ریخته شد (۲۰۰٪ لاشبرگ). در ۵ پلات هم نیمی از کل لاشبرگ جمع‌آوری شده از هر پلات، دوباره به آن پلات اضافه شد (۵۰٪ لاشبرگ). ۵ پلات هم به عنوان پلات کنترل در نظر گرفته شد (۱۰۰٪ لاشبرگ). پلات‌ها نشانه‌گذاری شدند. در پایان فصل رشد به منظور اندازه گیری تراکم گونه‌های زیراشکوب، تعداد پایه هر یک از گونه‌های زیراشکوب در پلات‌های تیمار لاشبرگ یادداشت شد. تراکم گونه‌ها بر حسب تعداد پایه در هر متر مربع محاسبه شد. تولید گونه‌های زیراشکوب با استفاده از روش قطع و توزین اندازه‌گیری شد. از این رو، این گیاهان درهر پلات از کف

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

زمین قطع شده و وزن خشک آنها اندازه گیری شد. از آنجا که گونه‌های پرستار از طریق تاثیر بر کربن، رطوبت و دما خاک از گونه‌های زیراشکوب خود حمایت می‌کنند (۱۳، ۳۲ و ۶۵)، بنابراین تغییرات کربن خاک، رطوبت خاک و دمای خاک تحت تیمارهای مختلف لاشبرگ نیز بررسی شد. در هر پلات نمونه‌های خاک ۱ کیلوگرمی، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شده (۳۹) و درصد کربن آلی خاک به روش والکی و بلاک مشخص شد (۵۱). رطوبت خاک به روش توزین برآورد شد (۲۱). با استفاده از دماسنج دما سطح خاک در زیر بوته‌ها اندازه‌گیری شد (۷).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

با استفاده از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه تولید گونه‌های زیراشکوب، رطوبت خاک و کربن خاک تحت تیمارهای مختلف لاشبرگ سه گونه *A. gossypinus* ، *A. aucheri* و *H. hirta* مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر مستقیم و غیرمستقیم لاشبرگ بر تولید سالانه گونه‌ها با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) مورد ارزیابی قرار گرفت. SEM یک تکنیک آماری ترکیبی از رگرسیون و تحلیل عاملی تاییدی است که اخیراً برای کشف روابط پیچیده مستقیم و غیرمستقیم اجزای اکوسیستم به کار گرفته شده است (۳۳). مدل سازی معادلات ساختاری یکی از رویکردهایی است که می‌توان با استفاده از آن به تحلیل چند متغیره و پیچیده پرداخت. در تحلیل چند متغیره چندین متغیر مستقل و وابسته را به صورت همزمان وارد تحلیل می‌شود. مدل ساختاری روابط بین متغیرهای پنهان را بررسی می‌کند و امکان تحلیل تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم این متغیرها بر یکدیگر را محیا می‌کند. پایایی مرکب (CR) و میانگین واریانس استخراج شده (AVE) به ترتیب برای پایایی و روایی SEM با استفاده از smartPLS v2 استفاده شد. معیار AVE نشان دهنده میانگین واریانس به اشتراک گذاشته شده بین هر سازه با شاخص‌های خود است. روایی همگرا زمانی وجود دارد که AVE از ۰/۵ بزرگتر باشد و پایایی همگرا زمانی وجود دارد که CR از ۰/۷بزرگتر باشد. همچنین CR باید از AVE بزرگتر باشد. در اینصورت هم شرط روایی همگرا وجود خواهد داشت (۴). در مدل SEM میزان تاثیر هر یک از متغیرها بر تولید سالانه گونه‌های زیراشکوب با استفاده از ضریب بتا استاندارد شده (ضریب رگرسیون استاندارد شده) اندازه‌گیری می‌شود. مقدار ضریب بتا استاندارد شده بین ۱+ و ۱- متغیر است و هر چه قدر مطلق این مقدار بزرگتر باشد نشان می‌دهد تاثیر قوی‌تر است.

نتایج

با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه میانگین تراکم (تعداد پایه در هر متر مربع) گونه‌ها در زیراشکوب سه گونه *A. gossypinus* ، *A. aucheri* و *H. hirta* مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). نتایج نشان داد اگر چه تراکم چهار گونه *Pennisetum sp.* ، *Poa annua*، *Secale cereale* L. و *Ziziphora tenuior* L. در زیراشکوب سه گونه *A. gossypinus* ، *A. aucheri* و *H. hirta* دارای اختلاف معنی‌داری نبودند ($p<0.05$). تراکم بقیه گونه‌های علفی در زیراشکوب سه گونه مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌داری بودند ($p<0.05$).

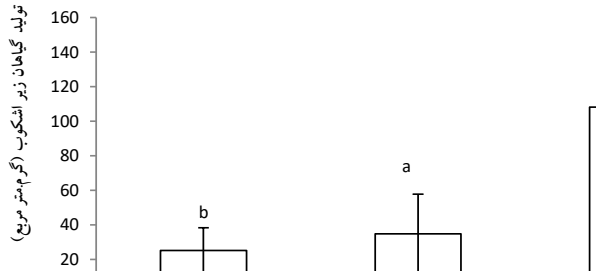
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

جدول ۱: نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین تراکم گونه‌ها در زیراشکوب *A. gossypinus*، *A. aucheri* و *H. hirta*

نام گونه	F	تراکم گونه های زیراشکوب (تعداد پایه در هر متر مربع)		
		A. gossypinus	*A. aucheri*	*H. hirta*
Achillea millefolium L.	۳/۲۴*	۰/۰±۱۵/۰۸ a	۰. b	۰. b
Aegilops crassa Boiss. ex Hohen.	۷/۵۲**	۰ c	۰/۰±۱۵/۰۸ b	۰/۰±۲۵/۰۸ a
Aegilops kotschyi Boiss.	۸/۲۳**	۰/۰±۰۵/۰۲ c	۰/۰±۲۵/۰۳ b	۰/۰±۳۵/۰۵ a
Boissiera squarrosa (Banks & Sol.) Nevski	۴/۲۳**	۰/۰±۱/۰۰۶ b	۰/۰±۳۵/۰۷ a	۰/۰±۱۵/۰۶ b
Bromus danthoniae Trin.	۲/۲۱*	۰. b	۰/۰±۱۵/۰۴ a	۰. b
Bromus tectorum L.	۶/۵۹**	۲/۱±۵۰/۰۸ b	۳/۰±۰۵/۰۹ a	۱/۰±۲۵/۰۹ c
Hordeum glaucum Steud.	۳/۲۱*	۰/۰±۲۰/۱۸ a	۰. b	۰. b
Pennisetum divisum (J.F.Gmel.) Henrard	۱/۲۳	۰. a	۰. a	۰/۰±۰۵/۰۴ a
Phalaris minor Retz.	۳/۳۷*	۰/۰±۰۵/ ۰۱ b	۰/۰±۲۵/۰۵ a	۰. b
Poa annua L.	۱/۲۷	۰/۰±۰۵/۰۲ a	۰. a	۰. a
Secale cereale L.	۱/۳۰	۰/۰±۰۵/۰۱ a	۰. a	۰/۰±۰۵/۰۳ a
Taeniatherum asperum (Simonk.) Nevski	۳/۲۸*	۰/۰±۱۵/۰۱ a	۰. b	۰. b
Vicia monantha Retz.	۴/۳۴**	۰/۰±۰۵/۰۲ b	۰/۰±۲۵/۰۵ a	۰. b
Ziziphora tenuior L.	۱/۴۲	۰/۰±۰۵/۰۳ a	۰/۰±۰۵/۰۳ a	۰. a

نتایج مقایسه میانگین LSD نشان داد تولید در زیراشکوب سه گونه *A. gossypinus*، *A. aucheri* و *H. hirta* تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۱). بیشترین تولید گونه‌های علفی با میانگین ۲۴±۱۰۸گرم در متر مربع در زیراشکوب گونه *A. gossypinus* مشاهده شد و تولید در زیراشکوب گونه‌های *A. aucheri* و *H.hirta* به ترتیب با میانگین ۲۱±۳۴/۷ و ۸±۲۵/۲ گرم در متر مربع در رتبه‌های بعدی قرار داشتند.



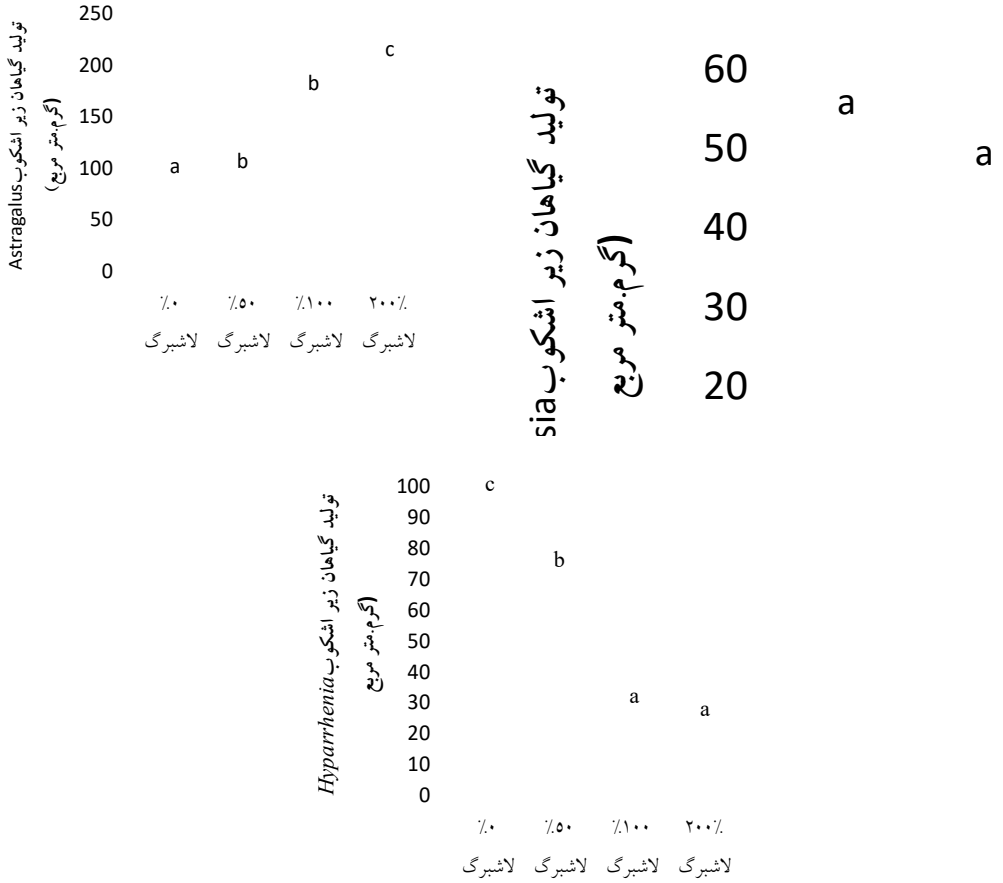
شکل ۱: مقایسه میانگین گونه‌های زیراشکوب سه گونه *A. gossypinus*، *A. aucheri* و *H. hirta*

نتایج بررسی تولید گونه‌های زیراشکوب تحت تیمارهای مختلف صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ درصد لاشبرگ نشان داد که، تولید گونه‌های علفی زیراشکوب در تیمارهای صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ درصد لاشبرگ گونه *A. gossypinus* دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان بودند (شکل ۲). در تیمار ۲۰۰ درصد لاشبرگ گونه *A. gossypinus* بیشترین مقدار تولید گونه‌های زیراشکوب با میانگین ۲۴±۱۸۰ گرم در متر مربع مشاهده شد. در تیمار صفر درصد لاشبرگ گونه *A. gossypinus* نیزکمترین میزان تولید گونه‌های زیراشکوب با میانگین ۷±۴۲ گرم در متر مربع مشاهده شد. تولید گونه‌های زیراشکوب در تیمارهای صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ درصد لاشبرگ گونه *A. aucheri* اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان نداشتند. تولید گونه‌های زیراشکوب گونه *H. hirta* در تیمارهای تیمارهای صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ درصد لاشبرگ دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان بودند (شکل ۲). در تیمار صفر درصد لاشبرگ گونه *H. hirta* بیشترین مقدار تولید گونه‌های زیراشکوب با میانگین ۱۴±۸۹ گرم در متر مربع مشاهده شد. در تیمار ۲۰۰ درصد

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

لاشبرگ گونه *H. hirta* کمترین میزان تولید گونه‌های زیراشکوب با میانگین ۵±۱۸ گرم در متر مربع مشاهده شد.



شکل ۲: مقایسه میانگین تولید گونه‌های زیراشکوب سه گونه *A. gossypinus* ، *A. aucheri* و *H. hirta* تحت تیمارهای مختلف لاشبرگ

نتایج بررسی خصوصیات خاک تحت تیمارهای مختلف لاشبرگ سه گونه نشان داد که رطوبت خاک در تیمارهای صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ درصد لاشبرگ گونه *A. gossypinus* دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد اطمینان بودند (جدول ۲). در لاشبرگ ۲۰۰ درصد لاشبرگ گونه *A. gossypinus* بیشترین مقدار رطوبت خاک با میانگین ۶/۲±۱/۲۳ درصد مشاهده شد. در تیمار صفر درصد لاشبرگ گونه *A. gossypinus* نیز کمترین میزان رطوبت خاک با میانگین ۱/۷±۰/۶۷ درصد مشاهده شد.

رطوبت خاک زیراشکوب گونه *A. aucheri* در تیمارهای صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ درصد لاشبرگ دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان بودند (جدول ۲). در لاشبرگ ۲۰۰ درصد گونه *A. aucheri* بیشترین مقدار رطوبت خاک با میانگین ۴/۱±۲/۴۶ درصد مشاهده شد. در تیمار صفر درصد لاشبرگ گونه *A. aucheri* نیز کمترین میزان رطوبت خاک با میانگین ۱/۴±۰/۵۸ درصد مشاهده شد. رطوبت خاک زیراشکوب گونه *H. hirta* در چهار تیمار صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ درصد لاشبرگ دارای اختلاف

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد اطمینان بودند (جدول ۲). در لاشبرگ ۲۰۰ درصد گونه *H. hirta* بیشترین مقدار رطوبت خاک با میانگین ۷/۷۵±۳/۳۹ درصد مشاهده شد. در تیمار صفر درصد لاشبرگ گونه *H. hirta* نیز کمترین میزان رطوبت خاک با میانگین ۱/۸±۰/۷۱ درصد مشاهده شد. تیمارهای مختلف لاشبرگ از نظر دمای خاک برای دو گونه *A. gossypinus* و *A. aucheri* اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان نداشتند. دمای خاک گونه *H. hirta* در تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان بودند (جدول ۲). در لاشبرگ ۲۰۰ درصد گونه *H. hirta* کمترین مقدار دمای خاک با میانگین ۲۶/۹±۵/۲۳ درجه سانتیگراد مشاهده شد. کربن خاک زیراشکوب گونه *A. gossypinus* در تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد اطمینان بودند. در لاشبرگ ۲۰۰ درصد گونه *A. gossypinus* بیشترین مقدار کربن خاک با میانگین ۳/۱۷±۰/۵۴ درصد مشاهده شد. کربن خاک زیراشکوب گونه *A. aucheri* در تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان بودند (جدول ۲). در لاشبرگ ۲۰۰ درصد گونه *A. aucheri* بیشترین مقدار کربن خاک با میانگین ۱/۷۳±۰/۳۳ درصد مشاهده شد. کربن خاک زیراشکوب گونه *H. hirta* در تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد اطمینان بود. در لاشبرگ ۲۰۰ درصد گونه *H. hirta* بیشترین مقدار کربن خاک با میانگین ۵/۹±۰/۲۳ درصد مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه میانگین رطوبت، دما و کربن خاک در زیراشکوب گونه‌های *A. gossypinus* ، *A. aucheri* و *H. hirta* تحت تیمارهای مختلف لاشبرگ

نام گونه	خصوصیات خاک	F	۰٪ لاشبرگ	۵۰٪ لاشبرگ	۱۰۰٪ لاشبرگ	۲۰۰٪ لاشبرگ
A. gossypinus	رطوبت خاک (درصد)	۶/۲۴**	^{d}۱/۰±۷/۶۷	^{c}۳/۰±۵/۸۹	^{b}۴/۱±۳۲/۴۲	^{a}۶/۱±۲/۲۳
	دمای خاک (درجه سانتیگراد	۱/۵۸	^{a}۳۱/۵±۴/۱۳	^{a}۳۱/۱۴±۶/۴۱	^{a}۳۱/۸±۸/۳۹	^{a}۳۰/۱۳±۹/۲۹
	کربن خاک (درصد)	۸/۵۶**	^{c}۱/۰±۱/۱۴	^{c}۱/۰±۴۱/۵۹	^{b}۲/۰±۲۵/۸۵	^{a}۳/۰±۱۷/۵۴
A. aucheri	رطوبت خاک (درصد)	۳/۲۹*	^{c}۱/۰±۴/۵۸	^{c}۱/۰±۷/۷۴	^{b}۲/۱±۳/۷۸	^{a}۴/۲±۱/۴۶
	دمای خاک (درجه سانتیگراد	۱/۸۶	^{a}۳۳/۲±۲/۶۳	^{a}۳۲/۳±۹/۱۴	^{a}۳۱/۶±۵/۳۶	^{a}۳۰/۶±۹/۲۷
	کربن خاک (درصد)	۵/۱۸**	^{c}۰/۰±۲۶/۶۳	^{b}۰/۰±۹۸/۳۲	^{a}۱/۰±۵۸۷/۷۲	^{a}۱/۰±۷۳/۳۳
H. hirta	رطوبت خاک (درصد)	۶/۲۴**	^{d}۱/۰±۸/۷۱	^{c}۳/۱±۶۲/۲۷	^{b}۵/۲±۱۲/۱۷	^{a}۷/۳±۷۵/۳۹
	دمای خاک (درجه سانتیگراد	۳/۲۳*	^{a}۳۲/۷±۴/۳۴	^{a}۳۰/۶±۸/۲۱	^{a}۳۱/۴±۷/۳۵	^{b}۲۶/۵±۹/۲۳
	کربن خاک (درصد)	۸/۳۲**	^{c}۱/۰±۴/۱۳	^{c}۱/۰±۹/۷۶	^{b}۲/۰±۷/۲۸	^{a}۵/۰±۹/۲۳

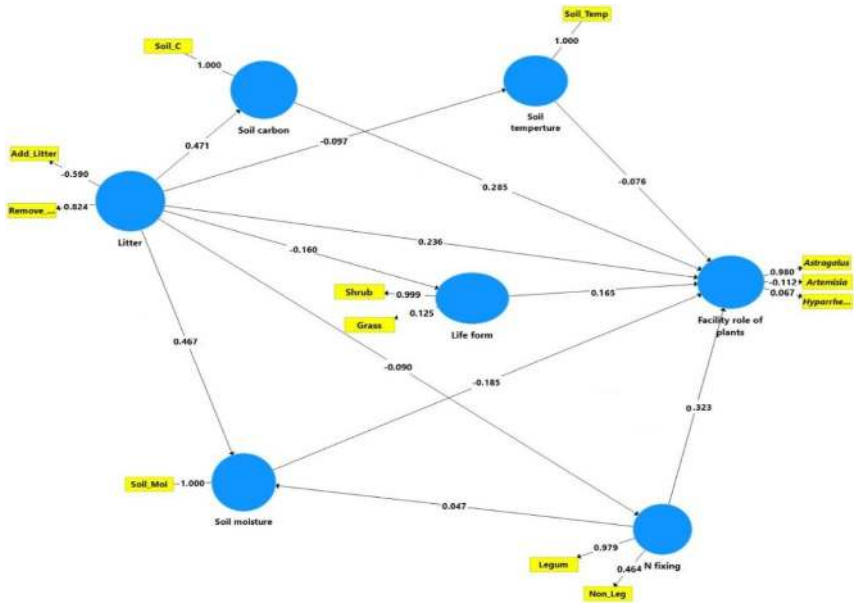
مقادیر AVE و CR برای اجزای مدل SEM به منظور بررسی تأثیر مستقیم و غیرمستقیم لاشبرگ بر نقش تسهیلاتی گونه‌ها برآورد شد (جدول ۳). همه مولفه‌ها به ترتیب دارای AVE و CR بیش از ۰/۵ و ۰/۷ بودند که نشان دهنده روایی و پایایی مدل ارائه شده است.

جدول ۳- قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) و روایی همگرا (AVE) برای بررسی تاثیر لاشبرگ، خصوصیات خاک برنقش تسهیلاتی گونه‌ها

متغیر	AVE	CR
لاشبرگ	۰/۸۵	۰/۹۳
رطوبت خاک	۰/۷۲	۰/۹۲
دمای خاک	۰/۷۱	۰/۸۸
کربن خاک	۰/۸۳	۰/۸۹
فرم رویشی	۰/۸۹	۰/۹۵
گونه تثبیت کننده نیتروژن	۰/۹۲	۰/۹۸
نقش تسهیلاتی گونه	۰/۷۶	۰/۸۴

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]



شکل ۳: مدل سازی معادلات ساختاری (SEM) برای بررسی تاثیر لاشبرگ و خصوصیات خاک برنقش تسهیلاتی گونه‌ها

در روابط مستقیم گونه تثبیت‌کننده نیتروژن بیشترین تاثیر را بر گونه‌های زیراشکوب در سطح ۹۹ درصد اطمینان داشتند (جدول ۴). لاشبرگ، کربن خاک و رطوبت خاک در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (p<۰/۰۱). مقدار لاشبرگ به‌طور غیرمستقیم از طریق کربن خاک، رطوبت خاک و گونه تثبیت کننده نیتروژن بر گونه‌های زیراشکوب تاثیر معنی‌داری داشتند (p<۰/۰۵).

جدول ۴: اثرات مستقیم، غیرمستقیم و کل لاشبرگ، خصوصیات خاک و گیاه برنقش تسهیلاتی گونه‌ها (*) P<0.05، (**) P<0.01 و (***) P<0.001 است

متغیر	مسیر	بتا استاندارد شده
کمیت لاشبرگ	مستقیم	۰/۲۳۶**
	غیر مستقیم از طریق کربن خاک	۰/۱۶۷*
	غیر مستقیم از طریق رطوبت خاک	۰/۱۵۶*
	غیر مستقیم از طریق دمای خاک	۰/۰۴۳
	غیر مستقیم از طریق فرم رویشی	۰/۰۷۳
	غیر مستقیم از طریق گونه تثبیت کننده نیتروژن	۰/۰۷۱
	کل	۰/۷۴۶***
کربن خاک	مستقیم	۰/۲۸۵**
رطوبت خاک	مستقیم	۰/۱۸۵*
دمای خاک	مستقیم	-۰/۰۷۶
فرم رویشی	مستقیم	۰/۱۶۵*
گونه تثبیت کننده نیتروژن	مستقیم	۰/۳۲۳**

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که گونه‌های بوته‌ای و گندمی تاثیرت متفاوتی بر تولید گونه‌های زیراشکوب خود دارند. گونه‌های بوته‌ای نسبت به گونه گراس نقش موثرتری در حمایت از گونه‌های زیراشکوب خود دارند. ساختار فشرده تاج پوشش گونه‌ها بر عملکرد تسهیل‌گری‌شان تاثیر زیادی دارد (۵۹). در مناطق خشک بوته‌ها نسبت به گندمیان با سایبان‌های متراکم‌تر، تأثیر بیشتری بر سایه‌اندازی و کاهش تلفات آب در اثر تبخیر از خاک دارند و در نتیجه شرایط مناسب‌تری برای رشد گونه‌های زیراشکوب خود فراهم می‌کنند (۱۶).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

مطالعات گذشته همچنین به نقش پرستار گونه‌های بوته‌ای در مناطق خشک تاکید داشته‌اند. نتایج باقری و محمدی (۲۰۱۷) نشان داد که گونه‌های بوته‌ای نقش تسهیلاتی مهمی برای رشد گونه‌های گیاهی یکساله مناطق خشک دارند و آنها را از خشکی محافظت می‌کنند. مهاجر و همکاران (۲۰۱۲) همچنین نشان دادند که بوته‌ها شرایط مناسبی از نظر دما، رطوبت و عناصرغذایی در زیراشکوب خود فراهم کرده که به استقرار سایر گیاهان کمک می‌کنند. نتایج این مطالعه نشان داد که تولید گونه‌ها در زیراشکوب گونه گون که لگوم است نسبت به گونه‌های غیرلگوم بیشتر است. یافته‌های تحقیقات آلن و مارکوئز (۲۰۰۶) نیز به اثر حمایتی بهتر گون نسبت به درمنه برای گونه‌های زیراشکوب خود در مناطق خشک اشاره دارد. گونه‌های لگوم، گیاهان پرستار بالقوه‌ای هستند که می‌توانند بقا و رشد گونه‌های هدف را در زیستگاه‌های بیابانی و نیمه‌خشک با بهبود نیتروژن خاک و عملکرد سایه‌شان بهبود بخشند، البته به شرط اینکه گونه‌های زیراشکوب هم لگوم نباشند (۵۹).

حذف لاشبرگ سبب کاهش تولید گونه‌های زیراشکوب گونه گون شد و با افزایش لاشبرگ تولید گونه‌های زیراشکوب افزایش معنی‌داری داشتند. مطالعات گذشته نشان دادند که لاشبرگ برای توسعه پوشش گیاهی در بوته‌زارهای بیابانی مفید است (۱۸). افزایش لاشبرگ و درنتیجه مواد غذایی خاک می‌تواند باعث افزایش طول برگ، افزایش نرخ جذب کربن برگ شده و رشد گیاهان را افزایش دهد (۲۲). البته در محیط‌های غنی‌تر از نیتروژن گیاهان می‌توانند برای حمایت برگ‌ها مقدار کربوهیدرات بیشتری را از ریشه به ساقه انتقال داده و رشد مجدد گیاهان را تقویت بیشتری کنند (۶۵). البته حذف و اضافه شدن لاشبرگ تاثیر معنی‌داری بر رشد گونه‌های زیراشکوب درمنه نداشت تغییر خواص شیمیایی و فیزیکی خاک ناشی از انتشار مواد آلی لاشبرگ بر تخصیص مواد غذایی به گیاهان تاثیر دارد (۷۱). درمنه دارای متابولیت‌های ثانویه مانند فنولیک، فلاونوئیدها و تانن است (۶۱). احتمالاً مقادیر زیادی از ترکیبات ثانویه مواد پلی فنلی بر سرعت تجزیه لاشبرگ تاثیر منفی دارند (۳۵). انتشار مواد آللوپاتی از لاشبرگ می‌تواند از استقرار نهال و رشد گونه‌های زیر تاج پوشش جلوگیری کند (۲۸). تأثیر منفی آللوپاتی آزاد شده از درمنه بر جوانه‌زنی گونه‌های زیر تاج پوشش خود توسط نبیل و فوزیا (۲۰۰۶) گزارش شده است. نتایج همچنین نشان داد که حذف لاشبرگ بر رشد گونه‌های زیراشکوب گونه *H. hirta* تاثیر مثبت و معنی‌داری داشت و با افزایش لاشبرگ نیز رشد گونه‌های زیراشکوب کاهش یافته بود. مطالعات گذشته همچنین نشان داده‌اند که در بعضی گراسلندها لایه نازک لاشبرگ عملکرد بهتری نسبت به لایه ضخیم لاشبرگ دارد، زیرا لایه ضخیم لاشبرگ می‌تواند مانعی برای رشد و توسعه گونه زیراشکوب شود (۶۶).

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که حذف لاشبرگ از طریق تاثیر بر رطوبت و کربن خاک تاثیر معنی‌داری بر گیاهان زیراشکوب داشت. البته میزان تاثیر لاشبرگ بر کربن خاک برای گونه‌های مختلف متفاوت است. ارتباط لاشبرگ و کربن خاک در مطالعات زیادی ثابت شده‌است (۱۵، ۶۷ و ۲۰). نتایج گذشته نشان داد که لاشبرگ تیپ‌های گیاهی دارای نرخ تجزیه متفاوتی‌اند و تاثیرات متفاوتی بر کربن خاک دارند (۵، ۱۴، ۲۵ و ۶۰). لاشبرگ با تغییر دمای خاک، رطوبت خاک و pH خاک بر شکل‌گیری و گردش کربن خاک تأثیر می‌گذارد (۶۳). بنابراین، لاشبرگ نقش مهمی در چرخه‌های کربن بین گیاهان و خاک دارند. مطالعات گذشته همچنین نشان دادند که در میان عوامل دیگر رطوبت می‌تواند نقش کلیدی در فرآیندهای تجزیه ایفا کند (۹، ۳۲ و ۶۴). در اکوسیستم‌های نیمه‌خشک که آب یک عامل محدود کننده است، رطوبت خاک عامل اصلی کنترل‌کننده تجزیه است (۶۷). کامروزمان و همکاران (۲۰۱۹) تولید لاشبرگ در مراتع مناطق خشک کشور کنیا را بررسی کردند و نشان دادند که در مناطق خشک، تولید و تجزیه لاشبرگ ارتباط نزدیکی با رطوبت دارد. لاشبرگ‌ها با جذب آب باران میزان رطوبت خاک را افزایش می‌دهند. لاشبرگ‌ها همچنین با جذب نور مانع رسیدن اشعه خورشید شده و در نتیجه تبخیر از سطح خاک را کاهش و رطوبت خاک را افزایش می‌دهند (۵۳). تغییرات در درجه حرارت و رطوبت خاک به‌دلیل تأثیرات آنها بر تجزیه میکروبی مواد آلی می‌تواند بر انتشار CO_2 تأثیر بگذارد (۱). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که رطوبت خاک تبادل کربن اکوسیستم در مراتع را تنظیم می‌کند (۳۶). لی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

و همکاران (۲۰۲۰) معتقد بودند که افزایش رطوبت خاک باعث ارتقاء تولید گیاه می‌شود. به طور کلی، رطوبت خاک نقش حیاتی در تثبیت کربن ایفا می‌کند (۷۳). از آنجا که، تغییرات آتی در الگوهای آب و هوایی ممکن است منجر به تغییرات مکرر در عوامل غیرزیستی (به عنوان مثال، رطوبت و درجه حرارت خاک) می‌شود. ارزیابی چگونگی تأثیر لاشبرگ بر سطوح مختلف رطوبت و دمای خاک اهمیت زیادی دارد و به شناخت انعطاف پذیری خاک در برابر اختلالات محیطی و مدیریتی کمک زیادی می‌کند (۴۳).

مدل SEM نشان داد گونه تثبیت کننده نیتروژن مهم‌ترین فاکتور تاثیرگذار بر نقش تسهیلاتی گونه‌های مورد مطالعه بود. مطالعات گذشته همچنین نشان دادند که گونه‌های تثبیت کننده نیتروژن بر نرخ تجزیه لاشبرگ در مناطق نیمه‌خشک تاثیر معنی‌داری دارند (۲۶). میزان نیتروژن در لاشبرگ این گونه‌ها به طور گسترده برای استنباط میزان تجزیه لاشبرگ استفاده می‌شود (۱۱). در مناطق خشک گونه‌های لگوم بیشتر از کربن خاک و میکرو ارگانیسم‌ها بر نرخ تجزیه لاشبرگ خاک تاثیرگذار هستند (۴۷). قارچ‌های میکوریزا موجود در ریشه گونه‌های لگوم می‌توانند بر فراوانی و فعالیت تجزیه‌کننده‌های خاک و در نتیجه تجزیه لاشبرگ تأثیر بگذارند (۶۲). لذا مواد غذایی بیشتری را در اختیار گونه‌های زیراشکوب خود قرار می‌دهند. یافته‌های این مطالعه همچنین نشان داد که بطور مستقیم کربن خاک دومین و کمیت لاشبرگ سومین فاکتور تاثیرگذار بر رشد گونه‌های زیراشکوب بودند. هان و همکاران (۲۰۲۴) همچنین نتیجه گرفتند بعد از گونه‌های لگوم، کربن خاک مهم‌ترین فاکتور تاثیرگذار بر رشد گونه‌های زیراشکوب است. رقابت برای مواد غذایی بین گونه‌های گیاهی در مناطق خشک که معمولا خاک‌های فقیری دارند، بسیار شدید است (۵۲). گونه‌های بوته‌ای و گندمی با ایجاد جزایر حاصلخیز از مواد غذایی شرایط مناسبی برای رشد گیاهان فراهم می‌کنند. لاشبرگ با ارتقا مواد غذایی خاک در واقع از مهم‌ترین فاکتورهای تاثیرگذار بر تنوع زیستی در مناطق خشک است (۲۴).

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد گونه‌های بوته‌ای نسبت به گونه گندمی نقش موثرتری در حمایت از گونه‌های زیراشکوب دارند. رابطه مشخصی بین حذف و اضافه شدن لاشبرگ و تولید گونه‌های زیراشکوب وجود نداشت و عکس‌العمل گونه‌ها به حذف و اضافه شدن لاشبرگ بسیار متفاوت بود. گونه گون نسبت به گونه‌های دیگر نقش تسهیلاتی بالاتری داشت، که این امر در برنامه‌های احیای مراتع خشک و نیمه‌خشک باید لحاظ شود. البته عملکرد تسهیلاتی گونه گون به حذف و اضافه شدن لاشبرگ حساس‌تر بود. بنابراین، شدت چرا باید به نحوی تنظیم شود که حداقل ۵۰ درصد لاشبرگ گونه گون در اکوسیستم باقی بماند.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ۲۹۴۸۴۴-۵-۰۳-۴۸۱۳ و با بهره‌مندی از اعتبارات پژوهشی دانشگاه جیرفت به انجام رسیده است.

References

1. Abagandura, G.O., R. Chintala, S.S. Sandhu, S. Kumar & T.E. Schumacher, 2019. Effects of biochar and manure applications on soil carbon dioxide, methane, and nitrous oxide fluxes from two different soils. Journal of Environmental Quality, 48: 1664–1674.
2. Alexander, H.D. & M.A. Arthur, 2014. Increasing red maple leaf litter alters decomposition rates and nitrogen cycling in historically oak-dominated forests of the eastern U.S. Ecosystems, 17(8): 1371–1383.
3. Asaadi, A.M. & M., Ghorbanzadeh., 2011. Determination of the most suitable than distance method for density measuring and distribution pattern of Artemisia in the north Khorasan province. The Second National Conference on Rangeland, Watershed and Desert Studies, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
4. Awang, Z., A. Afthanorhan, M. Mohamad & M.A.M. Asri, 2015. An evaluation of measurement model for medical tourism research: the confirmatory factor analysis approach. International Journal of Tourism Policy, 6(1): 29-45.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

5. Azarnivand, H., H. Joneidy Jafari, M.A. Zarechahooki, M. Jafari & SH. Nikoo, 2009. Investigation of livestock grazing on carbon sequestration and nitrogen reserve in rangeland with *Artemisia sieberi* in Semnan province. Journal of Rangeland, 3: 590-610. (In Persian)
6. Bagheri, R. & S. Mohammadi., 2017. Facilitation effect of some range species in a degraded rangeland on primary establishment of *Agropyron desertorum* (Fisch.) Schultes and *Secale montanum* Guss. Iranian Journal of Range and Desert Research, (4): 661-671. (In Persian)
7. Bahalkeh, Kh., M. Abedi & Gh. Dianati Tilaki, 2017. The effect of seasons and exposures on microhabitat modifications of cushions *Onobrychis cornuta.* Quarterly journal of Environmental Erosion Research, 4(24): 68-80.
8. Callaway, R.M., 2007. Positive interactions and interdependence in plant communities. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
9. Campbell, E.E., W.J. Parton, J.L. Soong, K. Paustian, N.T. Hobbs & M.F. Cotrufo, 2016. Using litter chemistry controls on microbial processes to partition litter carbon fluxes with the litter decomposition and leaching (LIDEL) model. Soil Biology and Biochemistry, 100: 160–174.
10. Cleveland, C.C., S.C. Reed, A.B. Keller, D.R. Nemergut, S.P. O'Neill, R. Ostertag & P.M. Vitousek, 2014. Litter quality versus soil microbial community controls over decomposition: a quantitative analysis. Oecologia, 174: 283-294.
11. Coûteaux, M.M., P. Bottner & B. Berg, 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. Trends in Ecology and Evolution, 10(2): 63-66.
12. Cui, J., S.K., Lam, S., Xu & D.Y.F. Lai, 2022. The response of soil-atmosphere greenhouse gas exchange to changing plant litter inputs in terrestrial forest ecosystems. Sci. Total Environ, 838: 155995.
13. Danet, A., F. Anthelme, N. Gross & S. Kéfi, 2018. Effects of indirect facilitation on functional diversity, dominance and niche differentiation in tropical alpine communities. Journal of Vegetation Science, 1: 1–12.
14. Dianati Tilaki, GH.A., A.A. Naghipour Borj, H. Tavakoli, M. Haidarian Aghakhani & M.R.S. Afkham Shoara, 2010. Influence of Exclosure on Carbon Sequestration of soil and Plant Biomas in semi-arid rangelands of North Khorasan Province. Rangeland, 3(4): 668-679. (In Persian)
15. Ding, Y., D. Wang, G. Zhao, Sh. Chen, T. Sun, H. Sun, Ch. Wu, Zh. Yu, Y. Li & Zh. Chen, 2023. The contribution of wetland plant litter to soil carbon pool: Decomposition rates and priming effects. Environmental Research, 224: 115575.
16. El-Keblawy, A., T. Kafhaga & T. Navarro, 2016. Live and dead shrubs and grasses have different facilitative and interfering effects on associated plants in arid Arabian deserts, 125: 127-135.
17. Ellison, A.M., 2019. Foundation species, non-trophic interactions, and the value of being common. iScience, 13: 254-268.
18. Facelli, J.M. & S.T.A. Pickett., 1991. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. The Botanical Review, 57: 2-32
19. Fagundes, M.V., R.S. Oliveira, C.R. Fonseca & G. Ganade, 2022. Nurse-target functional match explains plant facilitation strength. Flora, 292: 152061.
20. Feng, J., Zh. Li, Y. Hao, J. Wang, J. Ru, J. Song & Sh. Wan, 2022. Litter removal exerts greater effects on soil microbial community than understory removal in a subtropical-warm temperate climate transitional forest. Forest Ecology and Management, 505: 119867.
21. Ghazanshahi, J., 2006. Soil and plant analysis. Hooma publication, 272 p. (In Persian)
22. Gong, C., C.C. Song, D. Zhang & J.S. Zhang, 2019. Litter manipulation strongly affects CO2 emissions and temperature sensitivity in a temperate freshwater marsh of northeastern China. Ecological Indicators, 97: 410–418.
23. Graff, P., & M.R. Aguiar, 2017. Do species' strategies and type of stress predict net positive effects in an arid ecosystem? Ecology, 98(3): 794–806.
24. Han, Y., K. Köster, X. Dou, J. Wang, Ch. Yu, H. Hu, Y. Ding & T. Hu, 2024. Prescribed burning reshapes the relationship between soil chemical properties and understory plant biodiversity. CATENA, 246: 08478.
25. Hasanvand, H., M. Azimi, H. Niknahad Ghermakher & G. Rahbar, 2020. Quantifying of carbon sequestration for the ecosystem by dominant species in Tilabad rangelands, Golestan province. Journal of Rangeland, 4: 673-684. (In Persian)
26. Hou, S.L., S. Hättenschwiler, & J.J, Yang, 2021. Increasing rates of long-term nitrogen deposition consistently increased litter decomposition in a semi-arid grassland. New Phytologist, 229: 296-307.
27. Hyvonen, R., S, Agren, T, LinderPersson, M.F, Cotrufo, A, Ekblad, M, Freeman, A. Grelle, I.A. Janssens, P.G. Jarvis, S. Kellomaki, A. Lindroth, D. Loustau, T. Lundmark, R.J. Norby, R. Oren, K. Pilegaard, M.G. Ryan, B.D. Sigurdsson, M. Stromgren, M. van Oijen & G. Wallin, 2007. The likely impact of elevated CO2,

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

nitrogen deposition, increased temperature and management on carbon sequestration in temperate and boreal forest ecosystems: a literature review. New Phytology, 173 (3): 463–480.
28. Inderjit, T.R. Seastedt, R.M. Callaway, J.L. Pollock & J. Kaur, 2008. Allelopathy and plant invasions: Traditional, congeneric and bio-geographical approaches. Biological Invasions, 10: 875-890.
29. IPBES., 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, & H. T. Ngo (Eds.). IPBES secretariat.
30. Jafari, A. & Y. Askari., 2015. Comparison of different biodiversity indexes in different sampling designs (Case Study: Chahartagh Forested Reserve, Chaharmahal & Bakhtiari Province). Environmental Researches, 7: 135-144.
31. Kamruzzaman, Md., K. Basak, S. K. Paul, S. Ahmed & A. Osawa, 2019. Litterfall production, decomposition and nutrient accumulation in Sundarbans mangrove forests, Bangladesh. Forest Science and Technology, 15(1): 24–32.
32. Lehmann, J. & M. Kleber., 2015. The contentious nature of soil organic matter. Nature, 528(7580): 60–68.
33. Li, J., C. Yang, H. Zhou & X. Shao, 2020. Responses of plant diversity and soil microorganism diversity to water and nitrogen additions in the Qinghai-Tibetan Plateau. Global Ecology and Conservation, 22: e01003.
34. Li, J., C. Zhao, H. Zhua, Y. Li & F. Wang, 2007. Effect of plant species on shrub fertile island at an oasis–desert ecotone in the South Junggar Basin, China. Journal of Arid Environments, 71: 350–361.
35. Liao, J.D., & T.W. Boutton, 2008. Soil microbial biomass responsento woody plant invasion of grassland. Soil Biol Biochem, 40: 1207–1216.
36. Liu, X., D. Zhu, W. Zhan, H. Chen, Q. Zhu, Y. Hao, W. Liu & Y. He, 2019. Five-year measurements of net ecosystem CO2 exchange at a fen in the Zoige peatlands on the Qinghai-Tibetan Plateau. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 124 (22): 11803-11818.
37. Losapio, G., B. Schmid, J. Bascompte, R. Michalet, P. Cerretti, C. Germann, J.P. Haenni, R. Neumeyer, F.J. Ortiz-Sánchez, A.C. Pont, P. Rousse, J. Schmid, D. Sommaggio & C. Schöb, 2021. An experimental approach to assessing the impact of ecosystem engineers on biodiversity and ecosystem functions. Ecology, e03243.
38. Losapio, G., F.I. Pugnaire, M.J. O'Brien & C. Schöb, 2018. Plant life history stage and nurse age change the development of ecological networks in an arid ecosystem. Oikos, 128: 1390–1397.
39. MacDicken, K.G., 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock Internationl Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program.
40. Maguran, A.E., 1988. Ecological diversity and its measurment. Croom Helm Ltd. London.
41. Marquez, V.J., & E.B. Allen, 2006. Ineffectiveness of two annual Legumes as nurse plants for establishment of Artemisia californica in Coastal Sage Scrub. Restoration Ecology, 4(1):42 – 50.
42. Marsh, Ch., J.C. Blankinship & M.D. Hurteau, 2023. Effects of nurse shrubs and biochar on planted conifer seedling survival and growth in a high-severity burn patch in New Mexico, USA. Forest Ecology and Management, 537: 120971.
43. McDermot, C. & S. Elavarthi., 2014. Rangelands as carbon sinks to mitigate climate change: A review. Journal of Earth Science & Climatic Change, 5(8): 221.
44. McIntire, E.J. & A. Fajardo., 2014. Facilitation as a ubiquitous driver of biodiversity. New Phytologist, 201: 403–416.
45. Mohajer, N., M.H. Juri, M. Mahdavi, N. Mohajer & M. Baghestanifar, 2012. Investigating the role of nurse (supporter) species on the preservation of species diversity in three different grazing treatments (severe, medium and heavy grazing areas) case study: in the summer meadows of Sar Ali Abad, Gorgan. Plant Environmental Physiology, 8: 15-24. (In Persian)
46. Molina-Montenegro, M.A., R. Oses, C. Atala, C. Torres-Díaz, G. Bolados & P. León-Lobos, 2016. Nurse effect and soil microorganisms are keys to improve the establishment of native plants in a semiarid community. Journal of Arid Environments, 126: 54-61.
47. Mouginot, C., R. Kawamura, K.L. Matulich, R. Berlemont, S.D. Allison, A.S. Amend & A.C. Martin, 2014. Elemental stoichiometry of Fungi and Bacteria strains from grassland leaf litter. Soil Biology and Biochemistry, 76: 278-285.
48. Nabeel, M. & M.R. Fawzia., 2006. Allelopathic effect of Artemisia sieberi on germination and seedling growth of Anabasis setifera. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9: 1795-1798.
49. Navarro-Cano, J.A., M. Goberna, A. Valiente-Banuet & M. Verdú, 2016. Same nurse but different time: Temporal divergence in the facilitation of plant lineages with contrasted functional syndromes. Functional Ecology, 30: 1854–1861.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

50. Navarro-Cano, J.A., M. Verdú, C. García & M. Goberna, 2015. What nurse shrubs can do for barren soils: Rapid productivity shifts associated with a 40 years ontogenetic gradient. Plant and Soil, 388: 197–209.
51. Nelson, D.W. & L.E. Sommers., 1982. Total carbon, organic carbon, organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., Kenney, D.R. (Eds,). Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd Edition. Agronomy Monograph 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 539-580.
52. Odebiri, O., O. Mutanga, J. Odindi, R. Slotow, P. Mafongoya, R. Lottering, T. Naicker, N. Matongera & M. Mngadi, 2024. Mapping sub-surface distribution of soil organic carbon stocks in South Africa's arid and semi-arid landscapes: Implications for land management and climate change mitigation. Geoderma Regional, 37: e00817.
53. Ogée, J., E. Lamaud, Y. Brunet, P. Berbigier & J.M. Bonnefond, 2001. A long-term study of soil heat flux under a forest canopy. Agriculture and Forest Meteorology, 106: 173-187.
54. Osborne, B.B., F.M. Soper, M.K. Nasto, D. Bru, S. Hwang, M.B. Machmuller, M.L. Morales, L. Philippot, B.W. Sullivan, G.P. Asner, C.C. Cleveland, A.R. Townsend & S. Porder, 2021. Litter inputs drive patterns of soil nitrogenheterogeneity in a diverse tropical forest: Results from a litter manipulation experiment. Soil Biology & Biochemistry, 158: 108247.
55. Pabo, H., 1969. Development and improvement of pastures in Iran, translated by Guderz Shidaei. Ministry of Natural Resources, Tehran, Iran. 219 p. (In Persian)
56. Pang, Y., J. Tian, L.X. Liu, L.N. Han & D.X. Wang, 2021. Coupling of different plant functional group, soil, and litter nutrients in a natural secondary mixed forest in the Qinling Mountains, China. Environmental Science and Pollution Research, 28: 66272–66286.
57. Podlech, D., 1990. Die Typifizierung der altweltlichen Sektionen der Gattung Astragalus L. (Leguminosae). -Mitt. Bot. Staatssamml. Münch. 29: 473.
58. Price, P.W., 1997. Insect Ecology. John Wiley and Sons Inc. New York 874 pp.
59. Ren, H., L. Yang & N. Liu, 2008. Nurse plant theory and its application in ecological restoration in lower subtropics of China. Progress in Natural Science, 18: 137-142.
60. Shahbaz, M., P. Bengtson, J.R. Mertes, B. Kulessa & N. Kljun, 2022. Spatial heterogeneity of soil carbon exchanges and their drivers in a boreal forest. The Science of the Total Environment, 831: 154871.
61. Singh, R., P.K. Verma & G. Singh, 2012. Total phenolic, flavonoids and tannin contents in different extracts of Artemisia absinthium. Journal of Intercultural Ethnopharmacology, 1(2): 101-104.
62. Song, X., J. Cai, H. Meng, Sh. Ding, L. Wang, B. Liu, Q. Chang, X. Zhao, Zh. Li & D. Wang, 2020. Defoliation and neighbouring legume plants accelerate leaf and root litter decomposition of Leymus chinensis dominating grasslands. Agriculture, Ecosystems & Environment, 302:107074.
63. Suseela, V. & N. Tharayil., 2018. Decoupling the direct and indirect effects of climate on plant litter decomposition: Accounting for stress-induced modifications in plant chemistry. Global Change Biol., 24(4):1428–51
64. Tamura, M., V. Suseela, M. Simpson, B. Powell & N. Tharayil, 2017. Plant litter chemistry alters the content and composition of organic carbon associated with soil mineral and aggregate fractions in invaded ecosystems. Global Change Biology, 23(10): 4002–4018.
65. Villar-Salvador, P., M. Uscola & D.F. Jacobs, 2015. The role of stored carbohydrates and nitrogen in the growth and stress tolerance of planted forest trees. New Forests, 46: 813-839.
66. Violle, C., J. Richarte & M.L. Navas, 2006. Effects of litter and standing biomass on growth and reproduction of two annual species in a Mediterranean old-field. Journal of Ecology, 94:196–205
67. Wang, Y., F.Y. Li, X. Song, X. Wang, G. Suri & T. Baoyin, 2020. Changes in litter decomposition rate of dominant plants in a semi-arid steppe across different land-use types: Soil moisture, not home-field advantage, plays a dominant role. Agriculture, Ecosystems & Environment, 303: 107119.
68. Wieder, W.R., C.C. Cleveland, Ph.G. Taylor, D.R. Nemergut, E.L. Hinckley, L. Philippot, S.R. Weintraub, M. Martin & A.R. Townsend, 2013. Experimental removal and addition of leaf litter inputs reduces nitrate production and loss in a lowland tropical forest. Biogeochemistry, 113: 629-642 .
69. Wilcox, B.P., D.B. Breshears & C.D. Allen, 2003. Ecohydrolgy of a resource-conserving semiarid woodland: temporal and spatial scaling and disturbance. Ecological Monographs, 73: 223–239.
70. Wright, A.J., D.A. Wardle, R. Callaway & A. Gaxiola, 2017. The overlooked role of facilitation in biodiversity experiments. Trends in Ecology & Evolution, 32: 383–390.
71. Yang, Y., Y.X. Dou & S.S. An, 2018. Testing association between soil bacterial diversity and soil carbon storage on the Loess Plateau. Sci. Total Environ. 626: 48–58.
72. Yari, R., S.M. Mirmiran & J. Motamedi, 2024. The effect of the facilitation of *Astragalus gossypinus* and Acantholimon raddeanum species on the species diversity of the rangeland habitats of Baharkish, Binaloud, Razavi Khorasan. Journal of Rangeland, 18: 301-315. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]

73. You, Y., S. Wang, N. Pan, Y. Ma & W. Liu, 2020. Growth stage-dependent responses of carbon fixation process of alpine grasslands to climate change over the Tibetan Plateau, China. Agricultural and Forest Meteorology, 291.
74. Zheng, X., Q. Liu, L.Y. Zheng, S.L. Wang, L.J. Huang, J. Jiang, B.H. Wang, X.J. Liu, X.D. Li, X.F. Hu, X.M. Guo & L. Zhang, 2020. Litter removal enhances soil N2O emissions: Implications for management of leaf-harvesting Cinnamomum camphora plantations. Forest Ecology and Management, 466: 118121.
75. Zheng, X., S.L. Wang, X.T. Xu, B.L. Deng, X.J. Liu, X.F. Hu, W.P. Deng, W.Y. Zhang, J. Jiang & L. Zhang, 2021. Soil N_2O emissions increased by litter removal but decreased by phosphorus additions. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 123(1): 49-59.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.4.7.9]