Original Article, Vol. 12, No. 1, Spring, 2024, pp 19-36

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Assessing the Success of *Ferula Assa-Foetida* L. Plantation Restoration Operations in Semi-Steppe Rangelands by Linking Plant Functional Traits to Species Diversity

E. Jahantab[1*], A. Khosravi Mashizi[2], M. Sharafatmandrad[2]

1. Associate Professor, Department of Range and Watershed Management (Nature Engineering), Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran
2. Associate Professor, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

* Corresponding Author: e.jahantab@fasau.com

Received date: 05/05/2024 **Accepted date: 06/06/2024**

10.22034/JDMAL.2024.2028225.1464

Extended Abstract

Introduction

Successful ecosystem restoration requires the reproduction of valuable plant species in the plant community. This is more important for monocultures because the interaction between species changes more with the increase of a species. The planting of native species with highly competitive power is controversial in restoration operations, due to their highly competitive abilities, their dominance and persistence after restoration can make reproduction of other species difficult (9). Evaluation of the success of restoration operations has been done using various indicators. To examine the success of restoration operations or the intensity of ecosystem exploitation, species diversity is a suitable indicator (8). Margalef richness, Simpson diversity, and Shannon diversity indices are commonly employed to monitor changes in species diversity (5, 7). By studying the dynamics of plant communities, we can understand how the structure, composition, and function of plant communities respond to restoration operations. Plantation is a restoration operation that can have a significant impact on the composition of plant communities. Plantation can alter the interaction between species, which can lead to changes in the functioning of the ecosystem. To determine the success of a restoration operation, it is important to select species for plantation in degraded ecosystems, which will lead to the increase of other valuable species. Recognizing the success of restoration operations, particularly in plantation, can be achieved by identifying important functional types related to species diversity. Thus, this investigation is focused on the objectives listed below: 1) investigating the impact of the plantation of Assafoetida on the species diversity in semi-steppe rangelands, 2) identification of important functional traits in relation to species diversity in the degraded areas, and 3) examining the mediation role of Assafoetida in the relationship between plant functional traits and diversity.

Material and Methods

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Original Article, Vol. 12, No. 1, Spring, 2024, pp 19-36

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

The studied area is located in Tang-e Sorkh rangelands, 45 km from Yasuj city (Kohgiluyeh and Boyer Ahmad Province) and has the geographical coordinates of 51˚40'04" to 51˚46'08" E and 30˚22'35" to 30˚27'37" N. Due to the implementation of Tang-e Sorkh multi-purpose project, which aims to ensure continuity and sustainability of the rangeland, Assafoetida has been planted in this area. *Ferula assa-foetida* L. is the scientific name of Assafoetida. This plant is a significant native plant that grows in the rangelands of Iran. To conduct the present research, two areas were selected, including the exclosure area interseted by Assafoetida and the control area. Three 100-meter transects were laid out in each of the grazed and exclosure areas, according to the features of the area. Each transect consisted of ten plots that measured 1 square meter each. Each of the grazed and exclosure areas had thirty plots established. The canopy cover and density of plant species were recorded in every plot. Functional traits (growth form, life form, palatability, life span, leaf life span, root depth, woodiness, flowering start, length of flowering period, height, and stem density) were measured according to literature (1, 2, 3, 4, 6, 10, 11). The analysis of diversity indices in the grazed and exclosure sites was conducted using a T-test. To summarize the relationship between plant functional traits and ecosystem management, principal component analysis (PCA) was employed. Structural equation modeling (SEM) was used to evaluate the relationship between plant functional traits and diversity. SEM was employed to examine how Assafoetida mediates the connection between plant functional traits and diversity indices using variance-accounted for (VAF). The VAF parameter is calculated by dividing the indirect effect by the total effect of the variables.

Discussion and Conclusion
The t-test results showed that the two grazed and exclosure sites had significant differences in terms of Simpson, Shannon and Margalef indices ($P<0.05$). PCA findings showed that the most significant functional traits associated with ecosystem management are growth form, life form, life span, leaf life span, and palatability. The most significant impact on species diversity was due to palatability ($p< 0.001$). Life form had a positive effect on species diversity, while life span and leaf life span had negative effects on species diversity ($p< 0.01$). However, growth form had no significant impact on species diversity ($p>0.05$). A VAF of 0.3 was obtained for the mediating role of Assafoetida in the relationship between growth forms and diversity indices, suggesting a partial mediating role. According to the findings, the development of Assafoetida has had an impact on mutual relationships between species. The success of ecosystem restoration cannot be attributed solely to the improvement in species diversity with the plantation of Assafoetida. The technique used to recognize the success of the restoration operations in this study was to increase the number of valuable species in relation to the diversity of species. Structured equation modeling allowed for the study of important individual species in vegetation composition with Assafoetida's mediating role. Our findings showed that Assafoetida played a partial mediating role in the relationship between plant functional traits and diversity. Exclosure along with the Assafoetida plantation has caused the development of valuable species in the vegetation composition. The success of Assafoetida plantation in restoring semi-steppe rangelands can be determined by both species' diversity and plant functional traits.

Keywords: Structural equation model; Ecosystem restoration; Mediation role; Principal component analysis

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

مقاله پژوهشی، سال دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳، صفحات ۱۹ تا ۳۶

نشریه مدیریت بیابان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

ارزیابی موفقیت عملیات اصلاحی کاشت آنغوزه در مراتع نیمه‌استپی با مرتبط کردن صفت‌های کارکردی به تنوع گونه‌ای

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

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

۲. دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

* نویسندهٔ مسئول: e.jahantab@fasau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۷

10.22034/JDMAL.2024.2028225.1464

چکیده

اصلاح بوم‌سازگان‌ها زمانی موفقیت‌آمیز است که گونه‌های باارزش در جوامع گیاهی شانس توسعه پیدا کنند. در اصلاح بوم‌سازگان‌ها از طریق کشت یک گونه این امر بیشتر اهمیت دارد زیرا با افزایش یک گونه، ارتباط بین گونه‌ها تغییر بیشتری می‌کند. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی موفقیت عملیات اصلاحی کاشت آنغوزه در مراتع نیمه‌استپی با استفاده از ارتباط صفت‌های کارکردی و تنوع گونه‌ای است. دو منطقه شامل منطقهٔ قرق کپه‌کاری شده با گیاه آنغوزه و منطقهٔ شاهد انتخاب و در هر یک، سه ترانسکت ۱۰۰m مستقر شد. در امتداد هر ترانسکت، ۱۰ پلات $1m^2$ مستقر و متغیرهای درصد تاج پوشش و تراکم گونه‌های گیاهی تعیین شد. صفت‌های عملکردی (طول عمر، خوشخوراکی، فرم رویشی، فرم زیستی، طول عمر برگ، عمق ریشه‌دوانی، چوبی بودن، آغاز گلدهی، طول دوره گلدهی، ارتفاع و تراکم ساقه) نیز برای هر گیاه اندازه‌گیری شدند. تجزیه‌وتحلیل مؤلفه اصلی برای خلاصه کردن ارتباط صفت‌های عملکردی گیاه و مدیریت بوم‌سازگان بکار برده شد. برای ارزیابی رابطه بین صفت‌های عملکردی گیاهان و تنوع گونه‌ای از مدل معادلات ساختاری استفاده شد. نتایج نشان داد که آنغوزه به‌طور معنی‌داری شاخص‌های تنوع را افزایش داده است ($P<0.05$). مدل معادلات ساختاری نشان داد که خوشخوراکی مهم‌ترین صفت عملکردی گیاهان در ارتباط با تنوع در منطقه قرق (مدیریت نشده) بود و گیاهان یک‌ساله غیر خوشخوراک بیشترین اهمیت را در تعیین تنوع گونه‌ای داشتند. نتایج نشان داد که آنغوزه نقش واسطه‌گری جزئی در ارتباط بین صفت‌های عملکردی و تنوع گونه‌ای دارد. با نقش واسطه‌گری آنغوزه، فرم رویشی مهم‌ترین صفت عملکردی در ارتباط با تنوع گونه‌ای بود. همی‌کریپتوفیت‌ها، مهم‌ترین فرم رویشی در ارتباط با تنوع گونه‌ای بودند که بیانگر موفقیت برنامه اصلاحی کاشت آنغوزه است. ارتباط دادن صفت‌های کارکردی به تنوع گونه‌ای جهت بررسی موفقیت عملیات اصلاح مرتع، به مدیران برای بررسی نقش واسطه‌گری گونه‌های کشت شده بر تغییر ساختار و عملکرد جوامع گیاهی کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: مدل معادلات ساختاری؛ اصلاح بوم‌سازگان‌ها؛ نقش واسطه‌گری؛ تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

■ مقدمه

مراتع نیمه‌خشک با توجه به سودهایی که برای افراد ذینفع دارد، از اهمیت زیادی برخوردار هستند (۵۶). در سال‌های اخیر شاهد کاهش تنوع گونه‌ای به دلیل بهره‌برداری شدید یا تغییر اقلیم در مراتع ایران هستیم (۱۴) بنابراین حفظ تنوع زیستی در این بوم‌سازگان‌ها یکی از وظایف پیشگام برای جوامع انسانی است (۲۵). اصلاح جوامع بومی گیاهی مستلزم درک کامل شرایط و سطح اصلاح طی اجرای شیوه‌های مختلف است (۳۹). هنگامی‌که اصلاح شامل تعداد گونه‌های محدودی باشد، جامعه گیاهی نمی‌تواند به بیشترین عملکرد برسد و نمی‌تواند گونه‌های در معرض تهدید را کمک کند (۴۵). در برنامه‌های معمولاً کاشت چندگونه، به کاشت با تعداد کم ترجیح داده می‌شوند، زیرا بابا کشت تعداد گونه‌های بیشتر گروه‌های عملکردی گیاهان بیشتری وجود دارد (۳۷). البته کاشت تعداد زیاد گونه‌ها می‌تواند یک چالش اساسی برای گونه‌های بومی باشد و توسعه آن‌ها را با مشکل همراه کند (۵).

در عملیات اصلاح یک یا چندگونه که می‌توانند به‌راحتی و آسان تهیه شده و جوانه بزنند توسط مدیران انتخاب می‌شوند. این انتخاب‌های سهل‌انگارانه نتایج مقرون به‌صرفه با خطر کم را برای اجرای برنامه‌های اصلاح در پی دارد، اما آن‌ها تنها بخشی از گونه‌های موردنیاز برای اصلاح یک بوم-سازگان تخریب یافته هستند (۵۲). در عملیات اصلاح، استفاده از گونه‌هایی بومی که قدرت رقابتی بالایی دارند بحث‌برانگیز است زیرا به دلیل توانایی رقابتی بالا ممکن است منجر به تسلط و تداوم پس از رویش مجدد شده و توسعه گونه‌های دیگر را با مشکل روبرو می‌کنند (۳۹). لذا اگرچه استفاده از این ارقام بومی یک روش ایده‌آل برای اصلاح سریع پوشش گیاهی باشد، اما ممکن است مانع بازگشت جامعه گیاهی بومی قبل از تخریب شوند (۹).

شاخص‌های متفاوتی برای بررسی موفقیت عملیات اصلاح استفاده شده‌اند. تنوع گونه‌ای شاخص مناسبی برای بررسی عملیات اصلاح یا شدت استفاده از بوم‌سازگان‌ها است (۳۴). معمولاً برای بررسی تغییر تنوع گونه‌ای از شاخص غنا، سیمپسون و شانون استفاده می‌شود (۲۷،۱۴). البته برخی محققان نشان دادند که روش‌های مختلف احیا تأثیرات متفاوتی بر تنوع گونه‌ای داشتند اما هیچ‌کدام به تنوع گونه‌ای مراتع دست‌نخورده نزدیک نشده‌اند (۱۵). گاهی یک ویژگی گیاهان بیشتر از تنوع گونه‌ای بر بقا گونه‌های گیاهی بومی تأثیرگذار می‌باشند و شاخص مناسب‌تری برای بررسی موفقیت اصلاح بوم‌سازگان‌ها هستند. در مطالعه‌ای پژوهشگران اظهار داشتند درختان با پوشش سایه‌انداز بزرگ نسبت به تنوع گونه‌ای، بر سطح زنده‌مانی نهال‌های درختان در جنگل‌های خشک تأثیر بیشتری داشتند، لذا انتخاب گونه‌هایی با این ویژگی برای اصلاح جنگل‌های خشک را پیشنهاد کردند (۱۳).

عکس‌العمل متفاوت انواع کارکردی گیاهان نسبت به فشارهای خارجی منجر به تعریف گروه‌های پاسخ شده است. انواع کارکردی پاسخ را می‌توان به‌صورت ترکیبی از گونه‌ها تعریف کرد که درنتیجه‌ی صفت‌های مشترک زیستی به یک عامل محیطی ویژه، به شیوه‌ای یکسان پاسخ می‌دهند (۸). شناسایی انواع پاسخ، می‌تواند ابزاری مفید برای ارزیابی تغییرات بلندمدت در سیستم‌های مدیریتی باشد. علاوه بر این، انواع کارکردی گیاهان را می‌توان هم به‌عنوان شاخص‌های تغییر پوشش گیاهی در ارتباط با عوامل محیطی و مدیریتی و هم به‌عنوان شاخص‌های پایداری مراتع و دیگر بوم‌سازگان‌های نیمه‌طبیعی به‌کار برد (۵۲). برای به کمینه کردن کاهش تنوع گونه‌ای و کاهش بالقوه‌ی ارتجاع بوم‌سازگان، درک و پیش‌بینی بهتر چگونگی رفتار گروه‌های کارکردی پاسخ گوناگون ضرورت دارد (۳۰). گروه‌های کارکردی را می‌توان جهت ساده‌سازی تنوع بالای موجودات زنده با صفت‌های مشترک، بکار برد. این ساده‌سازی در بسیاری از رشته‌ها مرسوم است طبقه‌بندی‌های کارکردی گیاهان را می‌توان در مدیریت محیط‌زیست مورداستفاده قرار داد (۴). تیپ‌های عملکردی گروهی از گونه‌های گیاهی هستند که از نظر صفت‌های‌شان با گیاهان دیگر متفاوت هستند، تیپ‌های عملکردی درواقع زیربنای تنوع گونه‌ها و جنبه‌های مختلف عملکرد بوم‌سازگان است (۲۱). تیپ‌های عملکردی گیاهان ابزار مناسبی برای بررسی پاسخ بوم‌سازگان‌ها به مسائل مهم بوم‌شناختی مانند اصلاح بوم‌سازگان‌ها است (۳). در واقع تیپ‌های عملکردی گیاهان یک ویژگی پاسخ محیطی برای گیاهان هستند (۲۴) و می‌توانند تغییرات پوشش گیاهی را

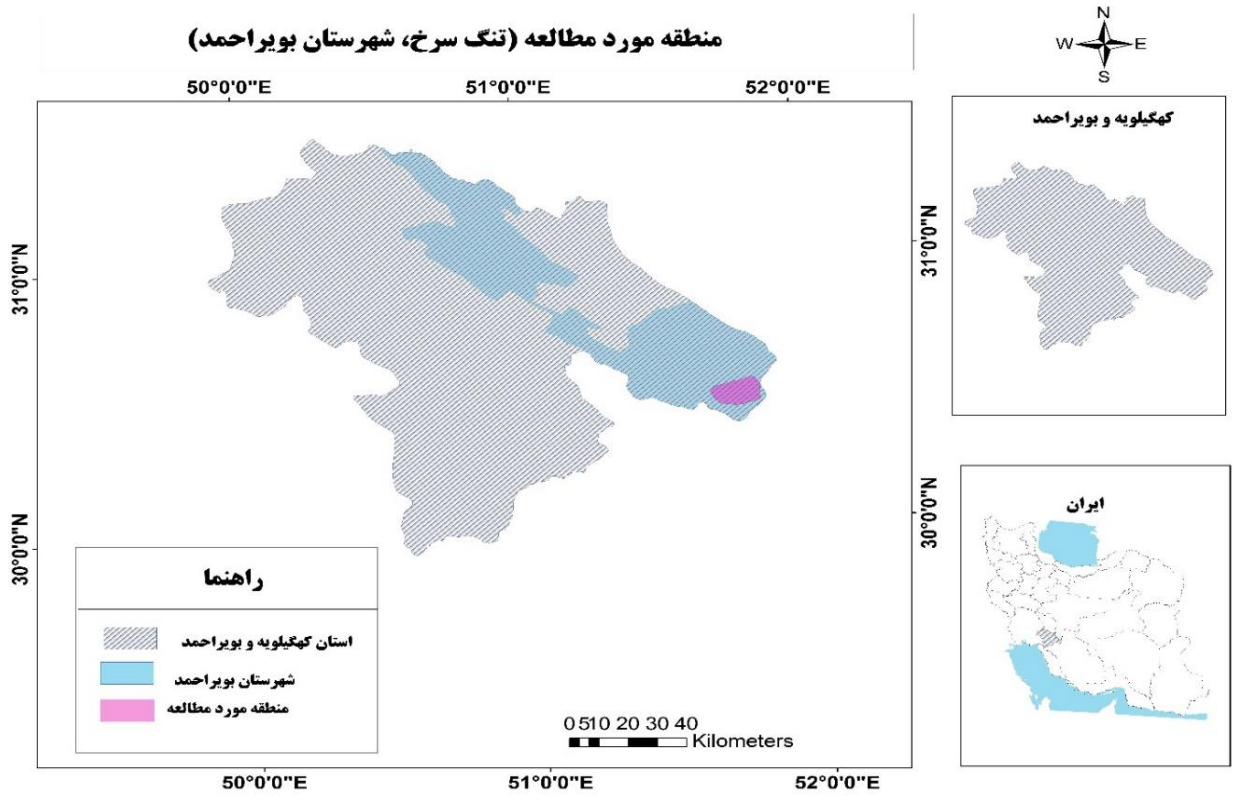
نشان دهند لذا بیانگر پاسخ جوامع گیاهی تحت تأثیر تغییر کاربردی یا شدت استفاده هستند (۵۷، ۱۷).

مطالعه پویایی جوامع گیاهی این امکان را می‌دهد که پاسخ ساختار و ترکیب و عملکرد جوامع گیاهی به عملیات احیا درک شود. یکی از عملیات اصلاح که ترکیب جوامع گیاهی را ممکن است به‌شدت تغییر دهد کشت گیاهان است. با کشت گیاهان تعامل بین‌گونه‌ای تغییر می‌کنند و لذا عملکرد بوم‌سازگان هم ممکن است تغییر کند. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که کاشت بعضی گونه‌ها ممکن است گونه‌های کلیماکس را با تهدید روبرو کنند (۳۱). ارتقا تنوع گونه‌ای به‌تنهایی نمی‌تواند بیانگر موفقیت یک عملیات اصلاح باشد لذا گونه‌هایی را باید برای اصلاح بوم‌سازگان‌های تخریب‌یافته انتخاب کرد که سبب ارتقا گونه‌های باارزش در بوم‌سازگان شود. شناسایی تیپ‌های عملکردی مهم در ارتباط با تنوع گونه‌ای می‌تواند راهکاری کارآمد در شناخت موفقیت عملیات اصلاح بخصوص در عملیات مرتع‌کاری باشد. یکی از روش‌های اصلاحی که در سال‌های اخیر موردتوجه قرارگرفته است کاشت گیاهان دارویی جهت اصلاح مرتع است. یکی از این گیاهان دارویی که امکان کشت بذر آن در برنامه‌های مرتع‌کاری هم در مناطق خشک و هم در مناطق نیمه‌خشک کشور وجود دارد آنغوزه است. در این پژوهش میزان اثربخشی عملیات اصلاحی (مرتع‌کاری آنغوزه) بر احیاء بوم‌سازگان از طریق ارتباط دادن تیپ‌های کارکردی و تنوع گونه‌ای مورد ارزیابی قرارگرفته است؛ بنابراین پژوهش حاضر اهداف زیر را بررسی می‌کند: ۱- بررسی تأثیر توسعه گونه آنغوزه بر تنوع گونه‌ای مراتع نیمه استپی؛ ۲- شناسایی تیپ‌های مهم عملکردی در ارتباط با تنوع گونه‌ای در منطقه تخریب یافته و ۳- بررسی نقش واسطه‌گری آنغوزه در ارتباط بین تیپ های عملکردی و تنوع گونه‌ای.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

مراتع تنگ‌سرخ واقع در ۴۵km شهر یاسوج و در محدوده "۰۴ '۴۰ °۵۱ تا "۰۸ '۴۶ °۵۱ طول شرقی و "۳۵ '۲۲ °۳۰ تا "۳۷ '۲۷ °۳۰ عرض شمالی جهت انجام پژوهش حاضر انتخاب شد (شکل ۱). میانگین ارتفاع از سطح دریا ۲۱۰۰m می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه ۸۳۲/۳mm و متوسط دمای سالانه ۱۵/۴ °C است.



شکل ۱. منطقه موردمطالعه

آنغوزه گیاهی علفی کرکدار، چندساله، یک‌پایه[1] و مونوکارپیک[2] است که ارتفاع آن تا ۲ متر می‌رسد (۶۰). آنغوزه سومین جنس بزرگ از خانواده چتریان است و به‌طور گسترده از منطقه مدیترانه تا آسیای مرکزی پراکنده است. به‌عنوان یک گیاه بومی، به دلیل محتوای رزین زیاد در ریشه و ساقه آن، ارزش دارویی زیادی دارد (۱۹). یکی از گونه‌های بومی و با ارزش دارویی جنس آنغوزه، آنغوزه با نام علمی *Ferula assa-foetida* L. است. این گیاه ازجمله گیاهان بومی بسیار مهمی است که در مراتع ایران رویش دارد (شکل ۲).

روش کار

برای انجام پژوهش حاضر، دو منطقه، شامل منطقه قرق کپه‌کاری شده با گیاه آنغوزه و منطقه شاهد انتخاب شد. منطقه قرق کپه‌کاری مورد کشت گیاه دارویی آنغوزه قرار گرفته و منطقه شاهد فاقد گیاه آنغوزه می‌باشد. دو منطقه در مجاورت یکدیگر می‌باشند. در هر یک از مناطق قرق و تحت چرای دام، با توجه به وضعیت منطقه، سه ترانسکت ۱۰۰m مستقر شد. در راستای هر ترانسکت ۱۰ پلات $1m^2$ مستقر شد. درمجموع در هر یک از مناطق کپه‌کاری شده و شاهد ۳۰ پلات $1m^2$ مستقر شد. در هر پلات، گونه‌های گیاهی لیست و درصد تاج پوشش و تراکم آن‌ها تعیین شد. علاوه بر این، برای گیاهان صفت‌های عملکردی شامل فرم رویشی، فرم زیستی، خوشخوراکی، طول عمر گیاه، طول عمر برگ، عمق ریشه‌دوانی، چوبی بودن، آغاز گلدهی، طول دوره گلدهی، ارتفاع، تراکم ساقه بر اساس مطالعات گذشته اندازه‌گیری شدند (۱، ۲، ۷، ۱۲، ۲۶، ۴۱، ۴۵). فرم زیستی گونه‌های گیاهی بر اساس روش رده‌بندی رانکایر تعیین شد (۳۶).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

شاخص‌های تنوع شانون و سیمپسون طبق رابطه‌های ۱ و ۲ با استفاده از داده‌های پوشش گونه‌های گیاهی محاسبه شدند (pi پوشش نسبی گونه i در هر پلات است) (۲۷).

$$H' = -\sum p_i ln p_i \qquad (۱)$$

$$1 - \sum p_i^2 \qquad (۲)$$

شکل ۲. گیاه آنغوزه

[1]- Monocious

[2]- Monocarpic

شاخص غنای مارگالف طبق رابطه ۳ با استفاده از تعداد تاکسون(ها) و تعداد افراد (n) محاسبه شد (۲۸).

$$S - 1/Ln(n) \quad (۳)$$

برای مقایسه شاخص‌های تنوع بین سایت‌های مدیریت‌شده (قرق کپه‌کاری شده با گیاه آنغوزه) و سایت‌های مدیریت نشده (منطقه شاهد) از آزمون t استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل مؤلفه اصلی (PCA) برای خلاصه کردن ارتباط صفت‌های عملکردی گیاه و مدیریت بوم‌سازگان بکار برده شد (۲۲). برای ارزیابی رابطه بین صفت‌های عملکردی گیاهان و تنوع گونه‌ای از مدل معادلات ساختاری (SEM[1]) استفاده شد. اهمیت مدل معادلات ساختاری به دلیل توانایی آن در برآورد روابط پیچیده شامل چندین متغیر وابسته و مستقل در یک چارچوب تحلیلی یکپارچه است. این ظرفیت آن را به ابزاری ایده‌آل برای آزمایش مدل‌های نظری تبدیل می‌کند که مسیرهای علی و وابستگی‌های متقابل بین متغیرها را مطرح می‌کنند مدل معادلات ساختاری به دلیل کاربردش در آزمون روابط علّی فرضی بین متغیرها، اغلب به‌عنوان مدل‌سازی علّی شناخته می‌شود. این یک روش جامع برای پژوهشگران برای آزمون و اصلاح مدل‌های نظری فراهم می‌کند و آن را به ابزاری ضروری در علوم مختلف تبدیل می‌کند. SEM با ارائه بینش در مورد روابط مستقیم و غیرمستقیم بین متغیرها، درک عمیق‌تر مکانیزم‌های اساسی را که پدیده‌های مشاهده‌شده را هدایت می‌کنند، تسهیل می‌کند (۴۳، ۴۶، ۴۸). مدل معادلات ساختاری همچنین برای ارزیابی نقش میانجی آنغوزه در رابطه صفت‌های عملکردی گیاه و تنوع گونه‌ای با استفاده از آماره شمول واریانس یا VAF[2] استفاده شد. پارامتر VAF از نسبت تأثیر غیرمستقیم بر تأثیر کل متغیرها محاسبه شد. سپس میزان نقش میانجی آنغوزه با استفاده از جدول ۱ برآورد شد.

■ نتایج

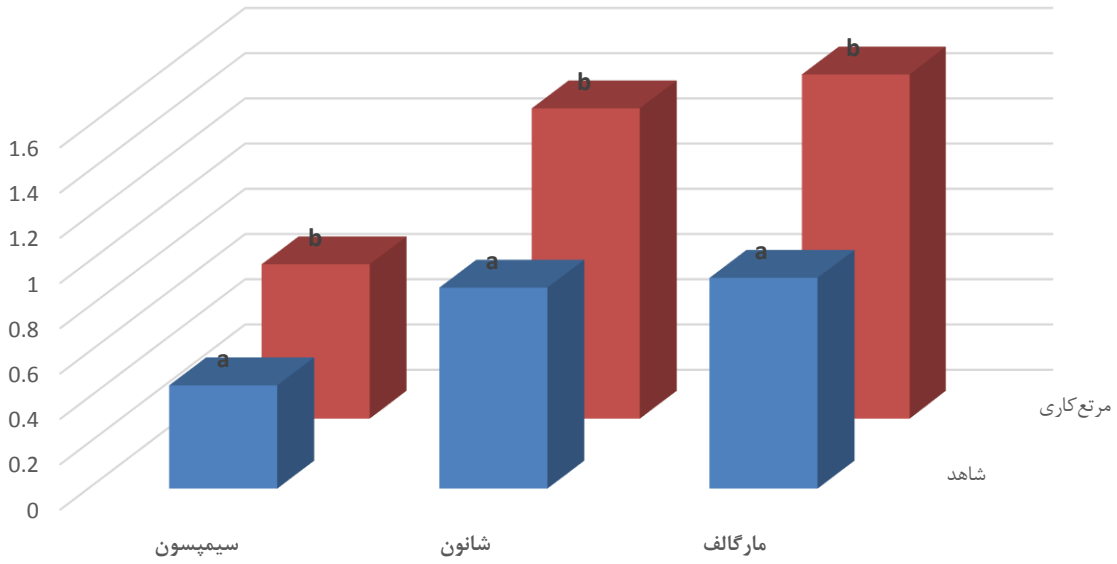
نتایج آزمون تی نشان داد که دو مکان (سایت) مدیریت نشده با میانگین ۰/۱۳ ± ۰/۴۵ و مدیریت‌شده با میانگین و ۰/۲۹ ± ۰/۶۸ ازنظر شاخص سیمپسون دارای اختلاف معنی‌داری هستند (P<0.05) (شکل ۳). دو سایت مدیریت نشده با میانگین ۰/۱۲ ± ۰/۸۸ و مدیریت‌شده با میانگین ۰/۳۸ ± ۱/۳۷ ازنظر شاخص شانون دارای اختلاف معنی‌داری هستند (P<0.05). همچنین نتایج نشان داد که دو سایت مدیریت نشده با میانگین ۰/۲۸ ± ۰/۹۲ و مدیریت‌شده با میانگین ۰/۴۶ ± ۱/۵۲ ازنظر شاخص مارگالف دارای اختلاف معنی‌داری هستند (P<0.05). نتایج PCA نشان‌دهنده این است که فرم رویشی، فرم زیستی، طول‌عمر، طول‌عمر برگ و خوشخوراکی مهم‌ترین صفت‌های عملکردی مربوط به مدیریت بوم‌سازگان‌ها هستند (جدول ۲). مقادیر اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) برای اجزای مدل معادلات ساختاری (SEM) به‌منظور بررسی ارتباط صفت‌های عملکردی گیاهان و تنوع گونه‌ای برآورد شد (جدول ۳). تمام اجزای مدل دارای اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) به ترتیب بیشتر از ۰/۵ و ۰/۷ بودند که نمایانگر اعتبار و پایایی مدل ارائه شده است. ارتباط صفت‌های عملکردی گیاهان و تنوع گونه‌ای در منطقه مدیریت نشده بررسی شد (شکل ۴). صفت عملکردی خوشخوراکی بیشترین تأثیر را بر تنوع گونه‌ای داشت (شکل ۵) (p<0.001). فرم زیستی به‌طور مثبت و طول عمر و طول عمر برگ به‌طور منفی بر تنوع گونه‌ای تأثیر داشتند (P<0.01). فرم رویشی تأثیر معنی‌داری بر تنوع گونه‌ای نداشت (p>0.05).

جدول ۱. میزان میانجی‌گری آنغوزه با استفاده از آماره آماره شمول واریانس (VAF)

ویژگی		تغییرات	
آماره شمول واریانس (VAF)	VAF<0.2	0.2 ≤ VAF≤0.8	VAF>0.8
میزان میانجی‌گری	میانجی‌گری صفر	میانجی‌گری جزئی	میانجی‌گری کامل

[1] Structural Equation Model

[2] Variance Accounted For



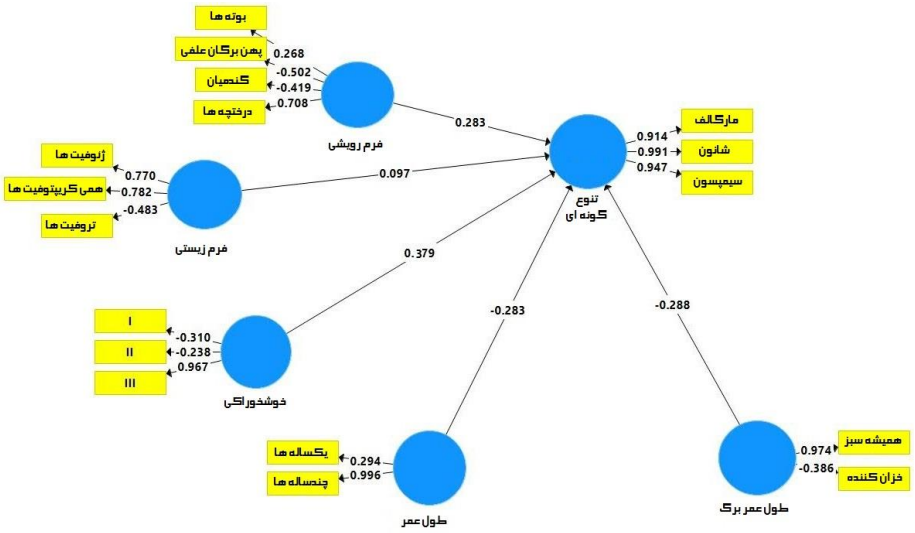
شکل ۳. مقایسه سایت‌های مدیریت‌شده و مدیریت نشده ازنظر شاخص‌های تنوع گیاهی

جدول ۲. سهم صفت‌های عملکردی گیاه در دو محور نخست PCA. مهم‌ترین عامل با ستاره نشان داده شده‌اند (P <0.05)

عامل	محور ۱	محور ۲
دروه گلدهی	+۰/۱۲۳	−۰/۱۷۸
عمق ریشه دوانی	+۰/۱۸۵	+۰/۱۵۵
فرم رویشی	+۰/۴۵۸*	+۰/۰۶۵
فرم زیستی	+۰/۳۶۵*	−۰/۱۳۸
طول عمر	+۰/۲۵۴	+۰/۳۴۲*
طول عمر برگ	−۰/۳۴۴*	−۰/۱۳۲
آغاز گلدهی	−۰/۱۶۸	+۰/۲۳۱
چوبی بودن	+۰/۱۱۶	+۰/۲۱۸
تراکم ساقه	−۰/۱۶۸	+۰/۲۴۵
خوشخوراکی	−۰/۳۶۸*	+۰/۲۳۸
ارتفاع	−۰/۱۳۸	+۰/۲۶۷

جدول ۳. قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) و اعتبار همگرا (AVE) برای صفت‌های عملکردی و تنوع گونه‌ها در مکان‌های مدیریت نشده

ویژگی	اعتبار همگرا(AVE)	قابلیت اطمینان ترکیبی(CR)
خوشخوراکی	۰/۷۵	۰/۷۶
فرم رویشی	۰/۸۴	۰/۷۷
فرم زیستی	۰/۸۳	۰/۷۴
طول عمر برگ	۰/۸۴	۰/۸۸
طول عمر	۰/۷۶	۰/۸۲
تنوع گونه‌ای	۰/۸۳	۰/۸۱



شکل ۴. بررسی تأثیر صفت‌های عملکردی گیاه بر تنوع گونه‌ای در سایت مدیریت‌نشده با مدل‌سازی معادلات ساختاری

شکل ۵. مجموع تأثیر استانداردشده صفت‌های عملکردی گیاهان بر تنوع گونه‌ها در سایت مدیریت نشده. فرم زیستی، خوشخوراکی داری تأثیر مثبت و طول عمر گیاه و طول عمر برگ دارای تأثیر منفی هستند. اثر فرم رویشی معنی‌دار نبوده است

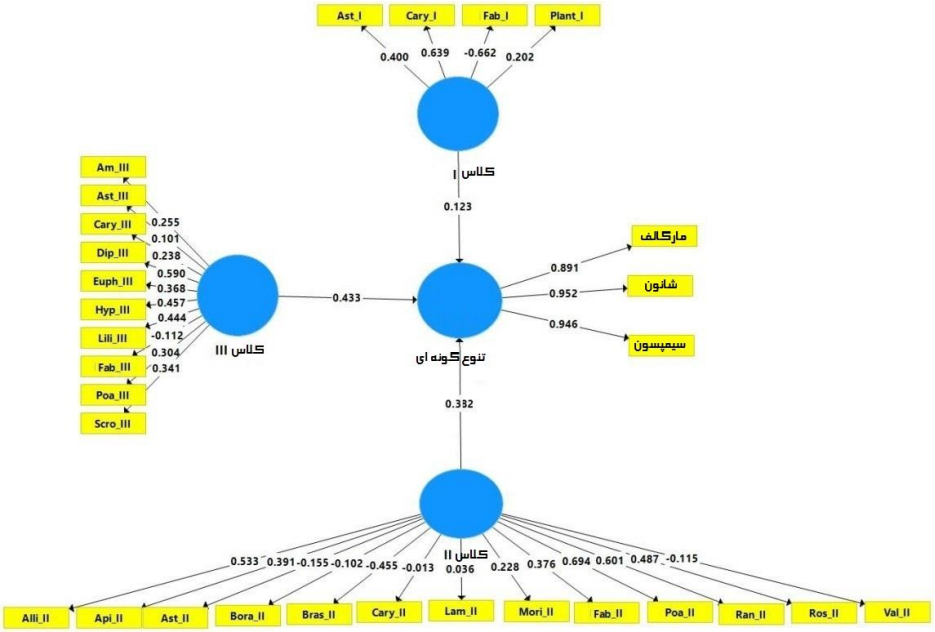
مقادیر اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) برای اجزای مدل معادلات ساختاری (SEM) به‌منظور بررسی ارتباط طبقه‌های خوشخوراکی و تنوع گونه‌ای برآورد شد (جدول ۴). تمام اجزای مدل دارای اعتبار همگرا (AVE) بیشتر از ۰/۵ و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) بیشتر از ۰/۷ بودند که نمایانگر اعتبار و پایایی مدل ارائه‌شده است. ارتباط طبقه‌های خوشخوراکی و تنوع گونه‌ای در منطقه مدیریت نشده بررسی شد (شکل ۶). طبقه سه خوشخوراکی بیشترین تأثیر را بر تنوع گونه‌ای داشت (شکل ۵) ($p<0.01$). طبقه دوم خوشخوراکی بر تنوع گونه‌ای تأثیر داشت ($p<0.05$) و طبقه اول خوشخوراکی تأثیر معنی‌داری بر تنوع گونه‌ای نداشت ($p>0.05$).

مقدار اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) برای اجزای مدل معادلات ساختاری (SEM) به‌منظور بررسی ارتباط تیپ‌های عملکردی و تنوع با نقش واسطه‌گری آنغوزه در منطقه مدیریت‌شده برآورد شد (جدول ۵). تمام اجزای مدل دارای اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) به ترتیب بیشتر از ۰/۵ و ۰/۷ بودند که نمایانگر اعتبار و پایایی مدل ارائه‌شده است. ارتباط تیپ‌های عملکردی و تنوع گونه‌ای با نقش واسطه‌گری آنغوزه در منطقه مدیریت‌شده بررسی شد (شکل ۸). ارتباط غیرمستقیم از طریق آنغوزه برای تیپ عملکردی فرم رویشی معنی‌دار بود (جدول ۵) ($p<0.05$) و ارتباط غیرمستقیم آنغوزه برای دیگر تیپ‌های عملکردی غیرمعنی‌داری بود ($p>0.05$). در مجموع تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم از طریق آنغوزه، فرم

رویشی بیشترین تأثیر را بر تنوع گونه‌ای داشت (جدول ۶) ($p<0.001$). فرم زیستی ($p<0.01$) و خوشخوراکی ($p<0.05$) بر تنوع گونه‌ای تأثیر داشتند طول عمر و طول عمر برگ تأثیر معنی‌داری بر تنوع گونه‌ای نداشت ($p>0.05$). VAF برای نقش واسطه‌گری آنغوزه در ارتباط بین تیپ‌های عملکردی گیاهان در ارتباط تنوع زیستی ۰/۳۷ به دست آمد که بیانگر نقش واسطه‌گری جزئی آنغوزه در ارتباط بین تیپ‌های عملکردی گیاهان و تنوع گونه‌ای بود. مقادیر اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) برای اجزای مدل معادلات ساختاری (SEM) به‌منظور بررسی ارتباط فرم‌های رویشی و تنوع گونه‌ای با نقش واسطه‌گری آنغوزه در منطقه مدیریت‌شده برآورد شد (جدول ۷).

جدول ۴. قابلیت اطمینان ترکیبی و اعتبار همگرا برای طبقه‌های خوشخوراکی و تنوع گونه‌ای در مکان‌های مدیریت نشده

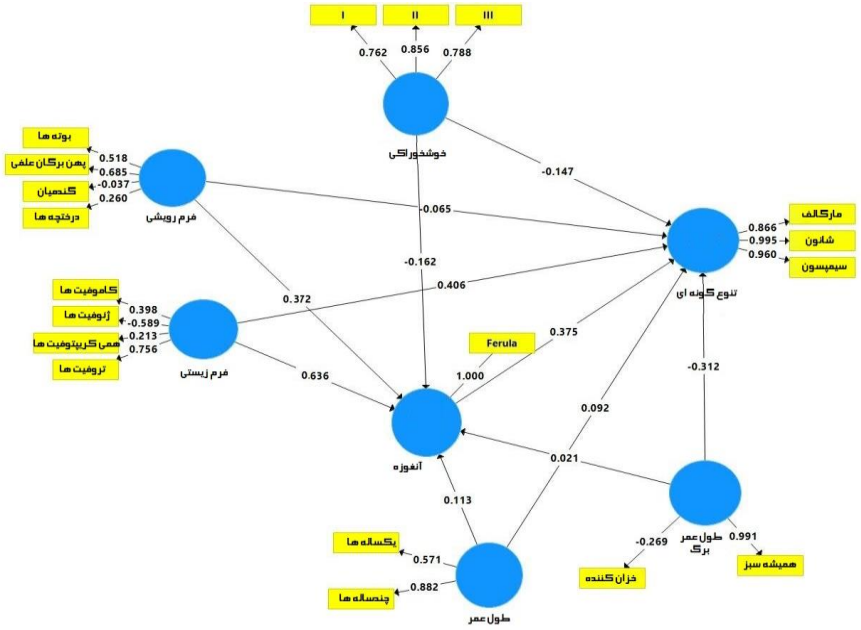
ویژگی	اعتبار همگرا(AVE)	قابلیت اطمینان ترکیبی(CR)
طبقه خوشخوراکی اول	۰/۸۵	۰/۸۲
طبقه خوشخوراکی دوم	۰/۷۲	۰/۷۸
طبقه خوشخوراکی سوم	۰/۸۵	۰/۸۳
تنوع گونه‌ای	۰/۸۱	۰/۸۳



شکل ۶. بررسی تأثیر طبقه‌های خوش‌خوراکی بر تنوع گونه‌ها در مکان مدیریت‌نشده با مدل‌سازی معادلات ساختاری

جدول ۵. قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) و اعتبار همگرا (AVE) برای صفت‌های عملکردی و تنوع گونه‌ای در مکان‌های مدیریت‌شده

ویژگی	اعتبار همگرا(AVE)	قابلیت اطمینان ترکیبی(CR)
خوشخوراکی	۰/۶۱	۰/۸۴
شکل رویشی	۰/۷۵	۰/۷۳
شکل زیستی	۰/۶۶	۰/۸۰
طول عمر برگ	۰/۶۲	۰/۷۸
طول عمر	۰/۷۵	۰/۷۵
آنغوزه	۰/۸۹	۰/۹۲
تنوع گونه‌ای	۰/۷۸	۰/۷۴



شکل ۸. بررسی اثرات چند متغیره صفت‌های عملکردی گیاه بر تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت‌شده با مدل‌سازی معادلات ساختاری

جدول ۶. اثرات مستقیم، غیرمستقیم و استانداردشده صفت‌های عملکردی و تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت‌شده

پیش‌بینی کننده	مسیر به ارزش بصری منظر	تأثیر
	مستقیم	- ۰/۱۴۷
خوشخوراکی	غیرمستقیم	- ۰/۱۰۳
	کل	۰/۲۵۰*
	مستقیم	۰/۴۰۶**
شکل رویشی	غیرمستقیم	۰/۲۹۲*
	کل	۰/۶۹۸***
	مستقیم	-۰/۳۱۲**
شکل زیستی	غیرمستقیم	۰/۱۲۳
	کل	-۰/۴۳۵**
	مستقیم	-۰/۰۶۵
طول عمر برگ	غیرمستقیم	۰/۰۱۱
	کل	۰/۰۷۶
	مستقیم	۰/۰۹۲
طول عمر	غیرمستقیم	۰/۰۸۳
	کل	۰/۱۷۵
آنغوزه	کل	۰/۳۷۵**

*اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪؛ **اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ***اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪

جدول ۷. قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) و اعتبار همگرا (AVE) برای اشکال زیستی و تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت شده

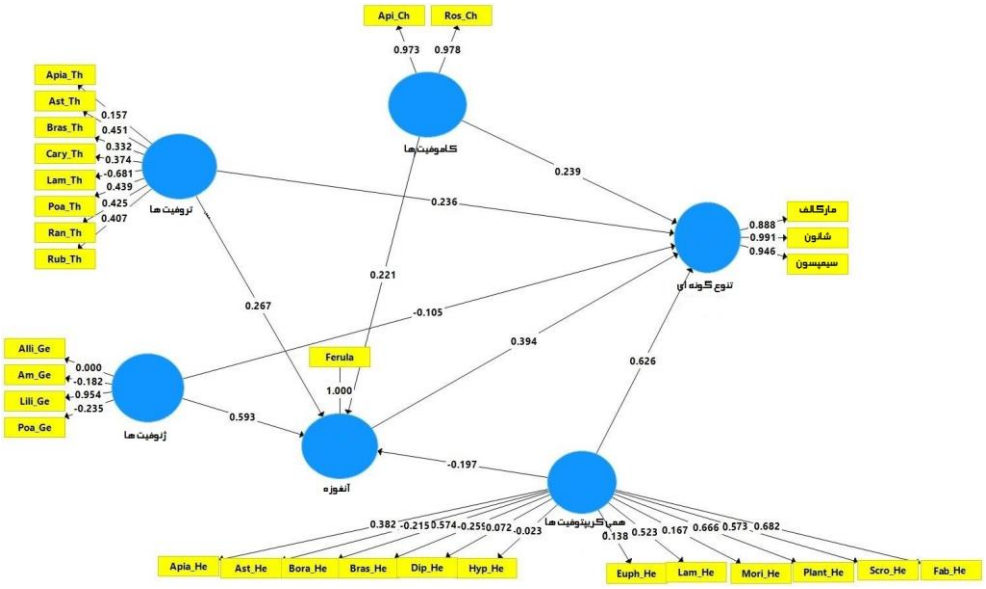
ویژگی	اعتبار همگرا(AVE)	قابلیت اطمینان ترکیبی(CR)
کاموفیت	۰/۸۶	۰/۸۰
تروفیت	۰/۷۵	۰/۸۴
ژئوفیت	۰/۷۵	۰/۷۶
همی کریپتوفیت‌ها	۰/۸۱	۰/۷۳
آنغوزه	۰/۸۶	۰/۸۴
تنوع گونه‌ای	۰/۸۸	۰/۸۵

تمام اجزای مدل دارای اعتبار همگرا (AVE) و قابلیت اطمینان ترکیبی (CR) به ترتیب بیشتر از ۰/۵ و ۰/۷ بودند که نمایانگر اعتبار و پایایی مدل ارائه شده است. ارتباط فرم‌های رویشی و تنوع گونه‌ای با نقش واسطه‌گری آنغوزه در منطقه مدیریت‌شده بررسی شد (شکل ۹). درمجموع تأثیر مستقیم و غیرمستقیم از طریق آنغوزه کریپتوفیت‌ها بیشترین تأثیر را بر تنوع گونه‌ای داشت (جدول ۸) ($p<0.001$). به ترتیب تروفیت‌ها ($p<0.01$)، ژئوفیت‌ها ($p<0.01$) و کاموفیت‌ها ($p<0.05$) نیز بر تنوع گونه‌ای تأثیر داشتند. آماره شمول واریانس (VAF) برای نقش واسطه‌گری آنغوزه در ارتباط بین فرم‌های رویشی در ارتباط تنوع زیستی ۰/۳ به دست آمد که بیانگر نقش واسطه‌گری جزئی آنغوزه در ارتباط بین فرم‌های رویشی و تنوع گونه‌ای بود.

■ بحث و نتیجه‌گیری

تأثیر توسعه گونه آنغوزه بر تنوع گونه‌ای

مدل معادلات ساختاری برای درک رابطه بین تنوع زیستی و عملکرد بوم‌سازگان تحت مداخلات انسانی مفید است (۵۸).



شکل ۹. بررسی تأثیرات چند متغیره اشکال حیات بر تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت‌شده با مدل‌سازی معادلات ساختاری

جدول ۸. اثرات مستقیم، غیرمستقیم و استانداردشده کل صفت‌های عملکردی و تنوع گونه‌ای در مکان مدیریت‌شده بر اساس مدل‌های معادلات ساختاری

پیش‌بینی کننده	مسیر به ارزش بصری منظر	تأثیر
	مستقیم	- ۰/۱۰۵
ژئوفیت	غیرمستقیم	۰/۲۵۲
	کل	۰/۳۵۷**
	مستقیم	۰/۲۳۶*
تروفیت	غیرمستقیم	۰/۱۵۷
	کل	۰/۳۹۳**
	مستقیم	۰/۶۲۶**
همی‌کریپتوفیت‌ها	غیرمستقیم	-۰/۱۰۳
	کل	۰/۷۲۹***
	مستقیم	۰/۲۳۹*
کاموفیت	غیرمستقیم	۰/۰۱۱
	کل	۰/۲۵۰*
آنغوزه	کل	۰/۳۹۴**

*اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪؛ **اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ***اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که در منطقه تخریب یافته فشار چرای شدید سبب کاهش تنوع گونه‌ای و غنای گونه‌ای شده است. در همین راستا برخی محققان اظهار داشتند که تنوع گونه‌ای در منطقه با چرای شدید کاهش‌یافته است (۵۳). اگرچه بررسی‌ها نشان می‌دهد افزایش تنوع گونه‌ای در چمنزارهای کوهستانی اتفاق افتاده است (۵۹)؛ زیرا در آن مناطق چرای دام با کاهش ارتفاع گیاهان فضا را برای توسعه گونه‌های دیگر فراهم می‌کند (۲۰)؛ اما در بوته‌زارها دام‌ها با خوردن گونه‌های خوشخوراک، تنوع گونه‌ای را کاهش می‌دهند (۲۳). در این مناطق، چرای طولانی‌مدت، موجب افزایش لگدکوبی خاک و با کاهش تبدیل زیتوده گیاهان به مواد آلی خاک میزان مواد غذایی خاک را به‌شدت کاهش می‌دهد (۵۴). تشدید کمبود مواد غذایی مانعی جدی برای توسعه گیاهان در جوامع گیاهی می‌شود. همچنین گزارش‌شده است که چرای دام در مناطقی با تولید زیاد موجب افزایش غنا گونه‌ای می‌شوند اما در مناطقی که توانایی تولید کم است چرای دام موجب کاهش غنای گونه‌ای شده است (۳۳). علت کاهش غنای گونه‌ای در این مناطق می‌تواند، عدم امکان رویش گیاهان خوشخوراک از بانک بذر خاک و یا از اندام‌های رویشی باشد (۴۷). برخی از گونه‌ها مانند *Euphorbia spp.* به مناطق چرا شده محدود شدند. این گونه‌ها غیرخوشخوراک یا سمی هستند که شاخصی برای مناطق با شدت چرای زیاد محسوب می‌شوند (۳۸).

با توسعه گونه آنغوزه در مرتع تخریب یافته تنوع گونه‌ای به‌طور معنی‌داری ارتقا یافته است. یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد که اصلاح بوم‌سازگان سبب ارتقا غنا و تنوع گونه‌ای شده است (۴۰). نتایج بررسی نشان داد که اصلاح سطح سیمای‌سرزمین، تنوع جامعه گیاهی و زیستگاه حیات‌وحش را در بوم‌سازگان‌ها پس از معدن‌کاوی بهبود داده است (۱۵). توسعه گونه آنغوزه همراه با قرق ده‌ساله، شرایط را برای رشد گونه‌های آسیب‌دیده فراهم کرده و درنتیجه تنوع گونه‌ای را بهبود دادند. پس از کاشت، بسیاری از گونه‌های جدید دیگر ممکن است از طریق بذرهایی که از بوم‌سازگان‌های اطراف می‌آیند به جامعه اضافه شوند (۱۱، ۳۲). لذا ترکیب گیاهی پس از کاشت گونه‌ها تغییر می‌کند. در بوم‌سازگان‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک که دارای محدودیت اصلاح هستند، تأثیر گونه‌های کشت‌شده بر ترکیب گیاهی بیشتر موردتوجه است؛ زیرا با توسعه یک گونه باید شاهد تغییر ترکیب گیاهی حال حاضر و حتی در دو یا سه دهه‌های آینده بود (۵۳).

تأثیر توسعه گونه آنغوزه بر خصوصیات عملکردی گیاهان

در منطقه تخریب یافته، خوشخوراکی گونه‌ها مهم‌ترین تیپ عملکردی گیاهان در ارتباط با تنوع گونه‌ای بود. دام‌ها معمولاً انتخاب‌گر هستند و گونه‌های خوشخوراک معمولاً به تکرار چرا می‌شوند که درنتیجه در رقابت با گونه‌های دیگر ضعیف شده و شرایط برای توسعه گونه‌های مهاجم و غیر خوشخوراک بیشتر می‌شود. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که گیاهان طبقه سه خوشخوراکی بیشترین اهمیت را در تنوع گونه‌های گیاهی دارند. محققان در بررسی گزارش دادند که گیاهان با خوشخوراکی کم زیر تأثیر چرای شدید در ترکیب گیاهی توسعه می‌یابند (۵۰). مهم‌ترین گونه غیر خوشخوراک که در تنوع بیشترین تأثیر را داشت نیز گونه مهاجم و یک‌ساله مانند *Bromus tectorum* L. بود. گونه *B. tectorum* ارزش غذایی بسیار پایینی دارد. در شرایط تخریب جوانه‌زنی بذر بومی به‌طورکلی غیرقابل‌پیش‌بینی است و گیاهان مهاجم در منطقه توسعه‌یافته‌اند. در بررسی، محققان گزارش دادند برخی از گونه‌های گیاهی که دام از آن‌ها دوری می‌کردند در مرتع افزایش یافتند که نشان‌دهنده خطر بالقوه تغییر ترکیب علفزارها به سمت وضعیت‌های باارزش علوفه پایین است (۱۰). در منطقه تخریب یافته که معمولاً منابع غذایی کاهش می‌یابد، گونه‌های گیاهی استراتژی محافظه‌کارانه را برای بهبود توانایی‌های رقابتی خود تحت نوسانات محیطی را انتخاب می‌کنند. استراتژی محافظه‌کارانه گونه‌ها از طریق کاهش سطح برگ و کاهش محتوای نیتروژن است (۴۲) که موجب کاهش گیاهان خوشخوراک می‌شوند. البته مهم‌ترین ویژگی‌های گیاهی دیگری مانند ارتفاع نیز در ارتباط با چرای دام گزارش‌شده‌اند (۶۱)؛ زیرا واکنش‌های ویژگی عملکردی به چرا نه‌تنها با در دسترس بودن منابع تعیین می‌شود، بلکه به گونه‌های گیاهی یا هویت گروه

عملکردی نیز بستگی دارد (۲۹، ۵۵). در مطالعه‌ای گزارش شد که تیپ‌های عملکردی در پاسخ به چرا تحت تأثیر عوامل محیطی تغییر می‌کنند (۶۱).

یافته‌ها نشان داد که با توسعه گونه آنغوزه در مکان‌های مدیریت‌شده، اهمیت تیپ‌های عملکردی گیاهان نیز تغییر کرده است. طی عمل اصلاح و ارتقا ارقام بومی فرصت حمله گونه‌های غیربومی به مناطق آشفته را کاهش می‌دهند (۶). بعد از اصلاح بوم‌سازگان فرم‌های رویشی تیپ عملکردی گیاهان در ارتباط با تنوع زیستی بودند. در بررسی، فرم رویشی به‌عنوان سریع‌ترین ویژگی گیاهان بود که به اصلاح گراسلندها پاسخ داده بود (۲۴). در بین فرم‌های رویشی همی کریپتوفیت‌ها بیشترین نقش را در تنوع گونه‌ای داشتند. بر اساس مطالعات گذشته قسمت‌های هوایی گیاه بیشتر از قسمت‌های زیرزمینی تحت تأثیر چرای دام قرار می‌گیرند (۵۱). لذا در منطقه تخریب یافته فرم‌های رویشی مانند هموکریپتوفیت‌ها که در منطقه تحت چرا کاهش یافته، با اصلاح بوم‌سازگان‌ها این گیاهان فرصت توسعه پیدا می‌کنند. از بین خانواده‌های همی کریپتوفیت، دو خانواده بقولات و بارهنگ که دارای گونه‌های باارزشی هستند بیشترین نقش را داشتند. لگوم‌ها از گونه‌های مهم بوم‌سازگان‌های خشکی هستند که با ارتقا نیتروژن خاک در بهبود تولید بوم‌سازگان‌ها نقش مهمی را بازی می‌کنند (۱۸). بررسی‌های گذشته نشان می‌دهد که لگوم‌ها با بهبود خاک‌های مناطق خشک شرایط را برای استقرار جوامع گیاهی بهبود بخشیده و تنوع گونه‌ای را ارتقا می‌دهند (۱۶). بعد از مدیریت بوم‌سازگان، گونه‌های باارزش بیشترین اهمیت را در تنوع گونه‌ای دارند که بیانگر ارزش کاشت با گونه آنغوزه در مراتع نیمه‌خشک است یافته‌های گذشته بیانگر این است که با قرق مراتع گونه‌های مرغوب جایگزین گونه‌های مقاوم به چرا می‌شوند (۴۴،۳۵). نتیجه بررسی نشان‌داد که در روند توالی ثانویه گونه‌های باارزشی مشاهده شد که بیانگر اهمیت کارهای مدیریتی هستند (۳۱).

یافته‌ها بیانگر این است که با توسعه گونه آنغوزه ارتباطات متقابل بین گونه‌ها، تحت تأثیر قرارگرفته‌اند. اگرچه تنوع گونه‌ای با کشت گونه آنغوزه ارتقا یافته است؛ اما تنوع گونه‌ای به‌تنهایی بیانگر موفقیت اصلاح بوم‌سازگان‌ها نیست. ارتقا گونه‌های باارزش در ارتباط با تنوع گونه‌ای روشی بود که برای شناخت موفقیت برنامه اصلاح در این مطالعه استفاده شد. بهره‌گیری از معادلات ساختاری امکان مطالعه گونه‌های انفرادی مهم در تنوع گونه‌ای را با نقش واسطه‌گری گونه‌ها آنغوزه را امکان‌پذیر کرد. یافته‌های ما نشان داد که آنغوزه نقش واسطه‌گری جزئی در ارتباط تیپ‌های عملکری گیاهان و تنوع گونه‌ای داشت. قرق همراه با توسعه آنغوزه موجب توسعه گونه‌های باارزشی در تنوع گونه‌ای شده بود؛ بنابراین هر دو تنوع گونه‌ای و تیپ‌های عملکردی گیاهان در ارتباط با آن بیانگر موفقیت‌آمیز بودن کاشت گونه آنغوزه برای اصلاح مراتع نیمه استپی است. روش ارائه شده در این بررسی به مدیران این امکان را می‌دهد که نقش واسطه‌گری گونه‌های توسعه‌یافته در عملیات اصلاح را بر ارتباط گونه‌ها با تنوع گونه‌ای را فراهم کند.

■ سپاسگزاری

پژوهش حاضر با همکاری دانشگاه فسا انجام شد، بدین وسیله نویسندگان مقاله از دانشگاه فسا برای حمایت‌های لازم تقدیر و تشکر می‌نمایند.

■ References

1. Asadi, N., Bahmani, M., Shahsavari, S. & Asadi-Samani, M. (2017). Identification and introduction of the medicinal plants used by Honey bees in Markazi Province. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research. 7*(2), 15–18.
2. Azeria, E.T., Santal, K., McIntosh, A.C.S. & Aubin, I. (2020). Plant traits as indicators of recovery of reclaimed wellsites in forested areas: Slow but directional succession trajectory. *Forest Ecology and Management. 468*, 118180. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118180
3. Binkenstein, J. & Schaefer, H.M. (2015). Flower colours in temperate forest and grassland habitats: a comparative study. *Arthropod-Plant Interactions. 9*(3), 289–299. DOI: https://doi.org/10.1007/s11829-015-9369-9

4. Bonada, N., Dole´dec, S. & Statzner, B. (2007). Taxonomic and biological trait differences of stream macroinvertebrate communities between mediterranean and temperate regions: implications for future climatic scenarios. *Global Change Biology. 13*(8), 1658–1671. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01375.x

5. Bozzano, M., Jalonen, R., Thomas, E., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., Bordacs, S., Smith, P. & Loo, J. (2014). *Genetic Considerations in Ecosystem Restoration Using Native Tree Species. State of the World's Forest Genetic Resources E Thematic Study*. FAO/Bioversity International 281

6. Braun, Ch., Troeger, D., Garcia, R., Aguayo, M., Barra, R. & Vogt, J. (2017). Assessing the impact of plantation forestry on plant biodiversity: A comparison of sites in Central Chile and Chilean Patagonia. *Global Ecology and Conservation. 10*: 159-172. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.03.006

7. Canadell, J., Jackson, R., Ehleringer, J., Mooney, H.A., Sala, O. & Schulze, E.D. (1996). Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia*. *108*(4), 583–503. DOI: https://doi.org/10.1007/BF00329030

8. Cheng, Zh., Cui, Z., Shi, J., Liu, Y., La Pierre, K.J. & Wu, G.L. (2021). Plant functional types drive differential responses of grassland ecosystem functions along a precipitation gradient. *Ecological Indicators*. *133*: 108433. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108433

9. Chu, Sh., Ouyang, J., Liao, D., Zhou, Y., Liu, S., Shen, D., Wei, X. & Zeng, Sh. (2019). Effects of enriched planting of native tree species on surface water flow, sediment, and nutrient losses in a *Eucalyptus* plantation forest in southern China. *Science of The Total Environment*. *675*: 224-234. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.214

10. Cingolani, A.M., Posse, G. & Collantes, M.B. (2005). Plant functional traits, herbivore selectivity and response to sheep grazing in Patagonian steppe grasslands. *Journal of Applied Ecology. 42*(1), 50–59. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00978.x

11. Corlett, T. (2016). Plant diversity in a changing world: Status, trends, and conservation needs. *Plant Diversity. 38*(1), 10-16. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pld.2016.01.001

12. Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., ter Steege, H., Morgan, H.D., van der Heijden, M.G.A., Pausas, J.G. & Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian journal of Botany. 51*(4), 335–380. DOI: https://doi.org/10.1071/BT02124

13. Damtew, A., Birhane, E., Messier, Ch., Paquette, A. & Muys, B. (2024). Shading and species diversity act as safety nets for seedling survival and vitality of native trees in dryland forests: Implications for restoration. *Forest Ecology and Management. 552*: 121559. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121559

14. de Bello, F., Lavorel, S., Gerhold, P., Reier, U. & Pärtel, M. (2010). A biodiversity monitoring framework for practical conservation of grasslands and shrublands. *Biological Conservation. 143*(1), 9–17. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.04.022

15. Fleisher, K.R. & Hufford, K.M. (2020). Assessing habitat heterogeneity and vegetation outcomes of geomorphic and traditional linear-slope methods in post-mine reclamation. *Journal of Environmental Management. 255*: 109854. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109854

16. García-Sánchez, R., Camargo-Ricalde, S.R., García-Moya1, E., Luna-Cavazosl, M., Romero-Manzanares1, A. & Montaño, N.M. (2012). Prosopis laevigata and Mimosa biuncifera (Leguminosae), jointly influence plant diversity and soil fertility of a Mexican semiarid ecosystem. *Revista de Biología Tropical. 60* (1), 87-103.

17. Golivets, M., Knapp, S., Essl, F., Lenzner, B., Latombe, G., Leung, B. & Kühn, I. (2024). Future changes in key plant traits across Central Europe vary with biogeographical status, woodiness, and habitat type. *Science of The Total Environment*. *907*: 167954. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167954

18. Gou, X., Reich, P.B., Qiu, L., Shao, M., Wei, G., Wang, J. & Wei, X. (2023). Leguminous plants significantly increase soil nitrogen cycling across global climates and ecosystem types. *Global Change Biology. 29*: 4028-4043. DOI: https://doi.org/10.1111/gcb.16742

19. Jiang, M., Lan, Sh., Peng, M. & Wang, Zh. (2023a). The diversity of Ferula species and environmental factors on metabolite composition using untargeted metabolomics. *Food Bioscience*. *56,* 103075. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103075

20. Jiang, Sh., Zhang, J., Tang, Y., Li, Zh., Liu, H., Wang, L., Wu, Y. & Liang, C. (2023b). Plant functional traits and biodiversity can reveal the response of ecosystem functions to grazing. *Science of The Total Environment*. *899*: 165636. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165636

21. Jin, H., Xu, J., Peng, Y., Xin, J., Peng, N., Li, Y., Huang, J., Zhang, R., Li, Ch., Wu, Y., Gong, B. & Wang, R. (2023). Impacts of landscape patterns on plant species diversity at a global scale. *Science of the Total Environment. 896*: 165193. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165193

22. Jolliffe, I.T. & Cadima, G. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, *374*(2065), 20150202. DOI: https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202

23. Karami, P., Bandak, I., Gorgin Karaji, M. & Dragovich, D. (2021). Effects of seasonal grazing and annual mowing on floristic composition and plant diversity in the Saral rangeland, Kurdistan, Iran. *Global Ecology and Conservation, 27*(1): e01515. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01515

24. Krickl, P. & Poschlod, P. (2023). Calcareous grassland restored by clearance and subsequent sheep grazing show fast recovery of plant functional traits – Results from a 25-year-long experiment. *Global Ecology and Conservation*. *45*: e02509. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02509

25. Larigauderie, A. & Mooney, H.A. (2010). The Intergovernmental science-policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: moving a step closer to an IPCC-likemechanism for biodiversity. *Current opinion in environmental sustainability. 2*(1), 9–14. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.02.006

26. Litvaitis, J.A., Sherburne, J.A. & Bissonette, J.A. (1985). Influence of understory characteristics on snowshoe hare habitat use and density. *The journal of wildlife management. 49*(4), 866–873. DOI: http://dx.doi.org/10.1644/10-MAMM-A-095.1

27. Magurran, A.E. (1998). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Springer Dordrecht.

28. Magurran, A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Sci, Victoria, United Kingdom.

29. McLaren, J.R. & Turkington, R. (2010). Ecosystem properties determined by plant functional group identity. *Journal of Ecology. 98*(2),459–469. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01630.x

30. Mitchell, R.J., Auld, M.H.D., Le Duc, M.G. & Marrs, R.H. (2000). Ecosystem stability and resilience: a review of their relevance for the conservation management of lowland heaths. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 3*(2), 142-160. DOI: https://doi.org/10.1078/1433-8319-00009

31. Mo, X.X., Zhu, H., Zhang, Y.J., Ferry Slik, J.W. & Liu, J.X. (2011). Traditional forest management has limited impact on plant diversity and composition in a tropical seasonal rainforest in SW China. *Biological Conservation.144*(6), 1832-1840. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.03.019

32. Oliveira, I.R., Bouillet, J.P., Guillemot, J., Brandani, C.B., Bordron, B., Frayret, C.B., Laclau, J.P., Ferraz, A.V., Gonçalves, J.L.M. & le Maire, G. (2024). Changes in light use efficiency explains why diversity effect on biomass production is lower at high planting density in mixed-species plantations of *Eucalyptus grandis*

and *Acacia mangium*. *Forest Ecology and Management*, *554*: 121663. DOI: https://doi.org/10.1016/j.-foreco.2023.121663

33. Osem, Y., Perevolotsky, A. & Kigel, J. (2002). Grazing effect on diversity of annual plant communities in a semi-arid rangeland: Interactions with small-scale spatial and temporal variation in primary productivity. *Journal of Ecology. 90*(6), 936 – 946. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2002.00730.x

34. Pfestorf, H., Wei, L., Müller, J., Bochc, S., Socher, S.A., Prati, D., Schöning, I., Weisser, W., Fischer, M. & Jeltsch, F. (2013). Community mean traits as additional indicators to monitor effects of land-use intensity on grassland plant diversity. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. *15*(1), 1-11. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ppees.2012.10.003

35. Pykala, J., Luoto, M., Heikkinen, R.K. & Kontula, T. (2005). Plant species richness and persistence of rare plants in abandoned semi-natural grasslands in northern Europe. *Basic and applied ecology. 6*(1), 25–33. DOI: https://doi.org/10.1016/j.baae.2004.10.002

36. Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press, Oxford.

37. Rodrigues, R.R., Lima, R.A.F., Gandolfi, S. & Nave, A.G. (2009). On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological conservation. 142*(6), 1242-1251. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.12.008

38. Sharafatmandrad, M., Sepehry A. & Barani H. (2014). Plant Species and Functional Types' Diversity in Relation to Grazing in Arid and Semi-arid Rangelands, Khabr National Park, Iran. *Journal of Rangeland Science. 4*(3), 203-215.

39. Singh, K. & Byun, Ch. (2023). Ecological restoration after management of invasive alien plants. *Ecological Engineering*. *197*, 107122. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.107122

40. Soulodre, E.M.J., Dhar, A. & Naeth, M.A. (2022). Plant community development trends on mixed grass prairie well sites 5 years after reclamation. *Ecological Engineering. 179*: 106635. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106635

41. Tallis, H., Ricketts, T., Guerry, A., Wood, S., Sharp, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M. & Bernhardt, J. (2011). *InVEST 2.2.2 User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford.

42. Tecco, P.A., Diaz, S., Cabido, M. & Urcelay, C. (2010). Functional traits of alien plants across contrasting climatic and land-use regimes: do aliens join the locals or try harder than them? *Journal of Ecology. 98*(1), 17–27. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01592.x

43. Thompson, B. (2000). Ten commandments of structural equation modeling. In L. Grimm & P. Yarnell (Eds.), Reading and understanding more multivariate statistics (pp. 261-284). Washington, DC: American Psychological Association.

44. Tilman, D. & Lehman, C. (2001). Human-caused environmental change: impacts on plant diversity and evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences. 98(10), 5433–5440. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.091093198

45. Toopchi-Khosroshahi, Zh. & Lotfalizadeh, H. (2011). Identification of honey plants and their attractiveness to honey bee in Kandovan, Northwest of Iran. Biharean Biologist. 5(1), 36–41.

46. Ullman, J. B. (2001). Structural equation modeling. In B. G. Tabachnick & L. S. Fidell (Eds.), Using Multivariate Statistics (4th ed.) (pp. 653-771). Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.

47. Valone, T.J., Meyer M, Brown, J.H. & Chew, R.M. (2002). Timescale of perennial grass recovery in desertified arid grasslands following livestock removal. Conservation Biology. 16(4), 995–1002.

48. Vermunt, J. K., & Magidson, J. (2005). Structural equation models: Mixture models. In Encyclopedia of statistics in behavioral science (pp. 1922-1927). Chichester, UK: John Wiley & Sons.

49. Volis, S. (2016). Conservation-oriented restorationdhow to make it a success? *Israel Journal of Plant Sciences. 63*(4), 276-296. DOI: https://doi.org/10.1080/07929978.2016.1255020

50. Wan, H.W., Bai, Y.F., Hooper, D.U., Schonbach, P., Gierus, M., Schiborra, A. & Taube, F. (2015). Selective grazing and seasonal precipitation play key roles in shaping plant community structure of semi-arid grasslands. *Landscape ecology. 30*, 1767–1782. DOI: https://doi.org/10.1007/s10980-015-0252-y

51. Wang, Ch., Li, X., Lu, X., Wang, Y. & Bai, Y. (2023a). Intraspecific trait variation governs grazing-induced shifts in plant community above- and below-ground functional trait composition. *Agriculture, Ecosystems & Environment. 346*, 108357. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108357

52. Wang, J., Zhao, W., Xu, Z., Ding, J., Yan, Y. & Santos Ferreira, C.S. (2023b). Plant functional traits explain long-term differences in ecosystem services between artificial forests and natural grasslands. *Journal of Environmental Management. 345*: 118853. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118853

53. Wang, X., Wang, Z., Miao, H., Zhang, Ch., Zou, H., Yang, Y., Zhang, Zh. & Liu, J. (2024). Appropriate livestock grazing alleviates the loss of plant diversity and maintains community resistance in alpine meadows. *Journal of Environmental Management. 351*: 119850. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119850

54. Wang, Y.X., Hodgkinson, K.C., Hou, F.J., Wang, Z.F. & Chang, S.H. (2018). An evaluation of government-recommended stocking systems for sustaining pastoral businesses and ecosystems of the Alpine Meadows of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Ecology and Evolution. 8*(8), 4252–4264. DOI: https://doi.org/10.1002/-ece3.3960

55. Wardle, D.A., Lagerstrom, A. & Nilsson, M.C. (2008). Context dependent effects of plant species and functional group loss on vegetation invasibility across an island area gradient. *Journal of Ecology. 96*(6), 1174–1186. DOI:https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01437.x

56. Wilson, J.B., Peet, R.K., Dengler, J. & Pärtel, M. (2012). Plant species richness: the world records. *Journal of vegetation Science. 23*(4), 796–802. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01400.x

57. Wong, M.R., Morgan, J.W., Wong, N.K. & Cavagnaro, T.R. (2015). The incorporation of fungal to bacterial ratios and plant ecosystem effect traits into a state-and-transition model of land-use change in semi-arid grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment. 201*, 11-19. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.-10.012

58. Wu, J., Li, M., Fiedler, S., Ma, W., Wang, X., Zhang, X. & Tietjen, B. (2019). Impacts of grazing exclusion on productivity partitioning along regional plant diversity and climatic gradients in Tibetan alpine grasslands. *Journal of Environmental Management. 231*: 635-645. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.097

59. Xiong, D.P., Shi, P.L., Sun, Y.L., Wu, J.S. & Zhang, X.Z. (2014). Effects of grazing exclusion on plant productivity and soil carbon, nitrogen storage in alpine meadows in northern Tibet. *China. Chinese geographical science. 24*: 488–498. DOI: https://doi.org/10.1007/s11769-014-0697-y

60. Zargari, A. (1990). *Medicinal plants*. Tehran University, Publication, 4: 77-78. [In Persian]

61. Zheng, S., Li, W., Lan, Z., Ren, H. & Wang, K. (2015). Functional trait responses to grazing are mediated by soil moisture and plant functional group identity. Scientific reports. 5: 18163.