

Changes in the biotic interactions of *Artemisia diffusa* Krasch. ex Poljakov along the altitude gradient of gypsum ecosystems (case study: Semnan Province)

Kh. Bahalkeh¹, M. Abedi^{2*}, S. Palacio³, A. L. Luzuriaga⁴ and A. Escudero⁴

1-PhD student, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran Province, Iran

2*-Correspondence author: Associate Professor, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, Email: mehdi.abedi@modares.ac.ir

3-Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Jaca, Huesca, Spain

4-Área de Biodiversidad y Conservación. Universidad Rey Juan Carlos, Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid, Spain

Received: 02/07/2024

Accepted: 09/15/2024

Abstract

Background and objective

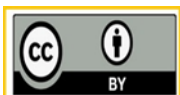
Gypsum habitats create a stressful environment for plant and the establishment of plants is affected by ionic toxicity. Shrub plants as nurse plants can safeguard their understory species in the harsh conditions of this habitat. These plants are more important in extreme environmental conditions because they use particular processes to modify the microhabitat conditions and assist the development of subordinate species. This study attempted to explore the biotic effect of *Artemisia diffusa* shrubs on its subordinate species in an altitude gradient in the gypsum habitat of Semnan province.

Methodology

For this purpose, four habitats with gypsum content above 40% were chosen based on their altitude gradient. These habitats include Talkheh, Sorkheh Down, Rameh and Sorkheh Up with altitudes 1302, 1358, 1431 and 1544 meters above sea level, respectively. In each habitat, 20 twin plots were established under a canopy of *A. diffusa* and their nearby open spaces and then, their percentage of cover was measured within the plots. The sampling unit is the shrub, which is considered as a patch. To investigate the response of the plants, they were divided into four functional groups: annual grasses, annual forbs, perennial forbs and shrubs. To analyze the soil parameters in each habitat, ten soil samples were collected as pairs under canopy of *A. diffusa* and their nearby open spaces and physicochemical properties including pH, EC, gypsum content, CaCO₃, sand, silt, clay, phosphorus, organic carbon, nitrogen and sulfur were examined. The difference between treatments was examined using the generalized linear mixed model, and means were compared using Tukey's HSD test. Soil properties were examined using multivariate PCA analysis. All computations were performed with R program. The relative interaction index was developed to measure biotic interactions between plants.

Results

Based on the obtained results, 22 plant species from 16 families were recognized. The findings revealed that the altitude and location of the species under the patch and their nearby open spaces have a major impact on various ecosystems. In Talkheh (7.7 ± 1.9), Sorkheh down (13.2 ± 2.36), and Sorkheh up (12.75 ± 5.3), the percentage of total cover of species under patch is



greater than their nearby open spaces. Additionally, in Talkheh, the percentage of annual forbs (5.3 ± 1.2) and at Sorkheh down annual grasses (8.3 ± 2.3) and annual forbs (5 ± 1.06) under patch, also in Sorkheh up shrubs (7.5 ± 3.5) and annual grasses (3.15 ± 0.84) were more abundant under patch than in their nearby open spaces. Also the results showed that the biotic interaction of *A.diffusa* facilitates all species in all environments, however the intensity decreased with increasing altitude ($F=2.95$; $P<0.05$).

The study found that annual forbs facilitation declines with increasing altitude ($F=10.01$; $P < 0.001$), while shrub species only experience facilitation at high altitude ($F = 5$; $P < 0.006$). The model's results demonstrated that altitude, position, and their interactions had a considerable effect on soil properties. In the Talkhe habitat, the amount of sulfur (4.57 ± 1.21), phosphorus (2.1 ± 0.3), clay (17.12 ± 2.24), silt (31.78 ± 1.61), and carbon (4.17 ± 0.78) was much higher under the patch than in their nearby open spaces and the amount of sand (71.8 ± 3.22) and gypsum content (56.93 ± 3.47) was lower than the nearby open spaces. In general, lower altitudes had less gypsum and higher acidity, while the opposite was true in the upper environment.

Conclusion

In general, *Artemisia diffusa* plants in Semnan province's gypsum ecosystem have enabling effects that decrease as altitude increases. Because as altitude and gypsum levels rise, environmental conditions grow more severe, increasing competition among plants for limited resources. Given that gypsum ecosystems feature unique and endemic species, it is critical to understand the types of interactions so that, if necessary, appropriate nurse species can be employed to restore these places.

Key words: Altitude, facilitation, Semnan, competition, functional group.

تغییرات روابط زیستی *Artemisia diffusa Krasch. ex Poljakov* در طول شیب ارتفاعی زیست‌بوم‌های گچی (مطالعه موردی: استان سمنان)

خدیجه بهلکه^۱، مهدی عابدی^{۲*}، Sara Palacio^۳، Arantzazu L. Luzuriaga^۴ و Adrian Escudero^۴

۱- دانشجوی دکتری گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران، بست الکترونیک: mehdi.abedi@modares.ac.ir

3-Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Jaca, Huesca, Spain

4- Área de Biodiversidad y Conservación. Universidad Rey Juan Carlos, Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid, Spain

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸

چکیده

سابقه و هدف

رویشگاه‌های گچی محیطی پرتنش را برای گیاهان ایجاد می‌کنند و به علت وجود سمیت یونی استقرار گیاهان تحت تأثیر قرار می‌گیرد. گیاهان بوته‌ای به عنوان گیاه پرستار می‌توانند از گونه‌های زیراشکوب خود در برابر شرایط سخت این رویشگاه محافظت کنند. این گیاهان در شرایط محیطی سخت اهمیت بیشتری دارند، زیرا آنها از فرایندهای خاصی استفاده می‌کنند تا شرایط خردزیستگاهی را تغییر داده و به توسعه گیاهان زیراشکوب کمک کنند. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر زیستی *Artemisia diffusa* و گونه‌های زیراشکوب آن در یک شیب ارتفاعی در رویشگاه گچی استان سمنان انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای این منظور، ۴ رویشگاه با میزان گچ بالای ۴۰ درصد و براساس شیب ارتفاعی انتخاب شد. این رویشگاه‌ها شامل تلخه، سرخه پایین، رامه و سرخه بالا با ارتفاع به ترتیب ۱۳۰۲، ۱۳۵۸، ۱۴۳۱ و ۱۵۴۴ متر از سطح دریا بودند. در هر رویشگاه ۲۰ پلات زوجی در زیراشکوب گونه پرستار *A. diffusa* و فضای باز مجاور آنها مستقر و بعد درصد پوشش آنها برآورد شد. در مجموع ۸۰ پلات در این مطالعه بررسی شده است. واحد نمونه‌برداری بوته است که به عنوان یک لکه در نظر گرفته می‌شود. برای بررسی پاسخ گیاهان، آنها در چهار گروه عملکردی شامل گندمیان یکساله، پهن‌برگان یکساله، پهن‌برگان چند ساله و بوته‌ای‌ها قرار گرفتند. برای تحلیل پارامترهای خاک، در هر رویشگاه ۱۰ نمونه خاک به صورت زوجی در زیراشکوب *A. diffusa* و فضای باز مجاور آن برداشت شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل اسیدیته، شوری، گچ، کربنات کلسیم، شن، سیلت، رس، فسفر، کربن، نیتروژن و سولفور بررسی گردید.

تفاوت بین تیمارها از مدل خطی ترکیبی تعمیم یافته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی HSD انجام شد. پارامترهای خاک با استفاده از آنالیز مؤلفه اصلی PCA تحلیل و تمام محاسبات در نرم‌افزار R انجام گردید. برای اندازه‌گیری روابط زیستی بین گیاهان از شاخص نسبی روابط زیستی استفاده شد.

نتایج

براساس نتایج به‌دست آمده، در مجموع ۲۲ گونه گیاهی متعلق به ۱۶ خانواده شناسایی شدند. نتایج نشان داد که ارتفاع و موقعیت قرار گرفتن گونه‌ها در زیراشکوب و فضای باز مجاور اثر معناداری در رویشگاه‌های مختلف دارد. درصد پوشش گیاهی کل گونه‌ها در تلخه (۷/۱±۷/۹)، سرخه پایین (۱۳/۲±۲/۳۶) و سرخه بالا (۱۲/۵±۷/۳) در زیر اشکوب بیشتر از فضای باز بود و در سایت رامه تفاوت معناداری نداشت. به علاوه، در تلخه درصد پوشش پهن‌برگان یکساله (۵/۳±۱/۲)، در سرخه پایین گندمیان یکساله (۸/۳±۲/۳) و پهن‌برگان یکساله (۱±۵/۰۶)، در سرخه بالا بوته‌ای‌ها (۷/۳±۵/۵) و گندمیان یکساله (۳/۰±۱۵/۸۴) در زیراشکوب

بیشتر از فضای باز مجاور پایه گیاهی بودند. همچنین نتایج نشان داد که در تمام رویشگاه‌ها رابطه زیستی درمنه برای کل گونه‌های زیراشکوب دارای اثر تسهیلی است و موجب بهبود شرایط برای استقرار گونه‌ها در زیر تاج پوشش خود می‌شود که میزان شدت تسهیل آن با افزایش ارتفاع کاهش معناداری داشت ($F=2/95$; $P < 0/05$). این مطالعه نشان داد که تسهیل پهن‌برگان یکساله با افزایش ارتفاع (۱۵۴۴ متر از سطح دریا) کاهش می‌یابد ($F=10/01$; $P < 0/001$). در حالی که تسهیل برای گونه‌های بوته‌ای فقط در ارتفاع بالا ایجاد می‌شود ($F=5$; $P < 0/006$). نتایج حاصل از مدل نشان داد ارتفاع، موقعیت و اثر متقابل ارتفاع و موقعیت اثر معناداری را بر پارامترهای شیمیایی خاک داشتند. در رویشگاه تلخه به‌طور معناداری میزان سولفور ($4/57 \pm 1/21$)، فسفر ($2/1 \pm 0/3$)، رس ($17/2 \pm 12/24$)، سیلت ($31/1 \pm 78/61$)، کربن ($4/0 \pm 17/78$) و آهک ($24/5 \pm 65/76$) در زیراشکوب بیشتر از فضای باز و میزان شن ($71/3 \pm 8/22$) و گچ ($56/3 \pm 93/47$) کمتر از فضای باز مجاور پایه گیاهی بود. به‌طورکلی میزان گچ در ارتفاعات پایین کمتر و میزان اسیدیته بیشتر بود و در رویشگاه بالا عکس این نتیجه مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی گیاه *Artemisia diffusa* در رویشگاه گچی استان سمنان دارای اثرهای تسهیلی است که با افزایش ارتفاع از اثرهای تسهیلی آن کاسته می‌شود. زیرا با افزایش ارتفاع و مقدار گچ شرایط محیطی سخت‌تر می‌شود، در نتیجه رقابت بین گیاهان برای کسب منابع محدود افزایش پیدا می‌کند. با توجه به اینکه رویشگاه‌های گچی دارای گونه‌های خاص و بومی هستند دانستن نوع روابط در این گونه رویشگاه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا در صورت لازم برای احیای این مناطق از گونه‌های پرستار سازگار با شرایط استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، تسهیل، رقابت، سمنان، گروه عملکردی.

مقدمه

است که تسهیل بیشتر در مناطق پر تنش وجود دارد و گیاهان با تعدیل شرایط در زیر تاج پوشش خود موجب استقرار گونه‌های همراه خود می‌شوند (Bertness & Callaway, 1994; Raath-Krüger *et al.*, 2019; Bahalkeh *et al.*, 2021). فرضیه شیب تنش محیطی (Stress Gradient Hypothesis) اولین بار توسط (۱۹۹۴) Bertness & Callaway مطرح شد و نشان دادند که در زیست‌بوم‌هایی که استرس محیطی بالاتر است، روابط بین گونه‌ها از رقابت به تسهیل تغییر پیدا می‌کند. زیست‌بوم‌های گچی فقیر از ماده آلی هستند (Casby-Horton *et al.*, 2015). این خاک‌ها با محتوای بالای گچ، فقیر از عناصر هستند و غلظت بالای یون‌های سولفاتی ایجاد سمیت برای گیاهان می‌کنند (Ruiz *et al.*, 2003). نگهداری آب محدود همراه با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک منجر به ایجاد چنین زیستگاهی شده است. علاوه بر این، خاک‌های گچی با بی‌ثباتی و عدم انسجام و ساختار ضعیف و تخلخل کم شناخته شده‌اند (Guerrero-Campo *et al.*, 1999; Bolukbasi *et al.*, 2016).

روابط زیستی نقش مهمی در یویایی جامعه گیاهی و همزیستی گیاهان ایجاد می‌کند. این تعاملات از مثبت (تسهیل) تا منفی (رقابت) متغیر است (Van Andel *et al.*, 2006; Brooker *et al.*, 2008; Vandenberghe *et al.*, 2009; Bahalkeh *et al.*, 2017). گونه‌های پرستار بیشتر در زیست‌بوم‌های پر تنش مانند مناطق خشک و نیمه‌خشک رایج هستند، زیرا گیاهان در مراحل اولیه زندگی نسبت به تنش‌های محیطی بسیار آسیب‌پذیر هستند (Escudero *et al.*, 2015; Mohammadabadi *et al.*, 2019; Ning *et al.*, 2020) و تاج پوشش گیاهان پرستار شرایط گرما و خشکی را کاهش می‌دهد (Pugnaire *et al.*, 1996; Holmgren *et al.*, 1997; Raffaele & Veblen, 1998) و موجب تسهیل استقرار گونه‌های همراه می‌شود. علاوه بر عوامل زیستی، عوامل غیر زنده نیز بر حضور گونه‌های گیاهی تأثیر می‌گذارد (Johnson & Miyanishi, 2010). عوامل زنده و غیر زنده در تعیین نوع روابط زیستی گیاهان و نحوه پراکنش آنها تأثیر دارند. نتایج محققان نشان داده

مطالعه تغییرات روابط گیاهی در طول شیب ارتفاعی با توجه به امکان ارتباط با تغییرات اقلیمی دارای اهمیت هستند و با بررسی این تغییرات می‌توان روابط زیستی را در شرایط مختلف اقلیمی تحلیل کرد. البته تغییرات پاسخ گیاهان در شیب ارتفاعی در رویشگاه گچی و تغییرات روابط زیستی آن تاکنون گزارش نشده است. هدف ما درک چگونگی نقش گیاه کلیدی درمنه در روابط زیستی گونه‌های زیراشکوب آن در یک شیب ارتفاعی در این نوع رویشگاه‌هاست.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رویشگاه‌های مورد مطالعه در زیست‌بوم‌های گچی در استان سمنان واقع شده‌اند. این استان در دامنه‌های جنوبی رشته کوه‌های البرز واقع شده است و به‌علت قرار گرفتن بخشی از دشت کویر در این استان، آب و هوای نیمه‌بیابانی دارد. این استان دارای معادن گچ زیادی است که باعث بهره‌وری شده و اقتصاد منطقه را رونق بخشیده ولی به‌علت استفاده بی‌رویه از گچ و ایجاد آشفستگی در خاک بر روابط بین گیاهان تأثیر گذاشته است.

گونه *Artemisia diffusa* Krasch. ex Poljakov از گونه‌های غالب این مناطق است. این گونه به حالت نیم بوته با ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتی‌متر بوده و متعلق به خانواده Asteraceae می‌باشد. این گونه در استپ‌زارهای ایران به‌ویژه در آسیای میانه و شمال‌شرق ایران به فراوانی وجود دارد و دارای ارزش دارویی قابل توجه است (Rechinger et al., 1986; Jalili et al., 2015; Mohammadi et al., 2017). جنس درمنه از گونه‌های مهم مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است. این مناطق توسط لکه‌های گیاهی، خاک لخت و پوسته‌های زیستی خاک پوشیده شده است که نشان‌دهنده تسهیل قوی در این مناطق است (Abedi et al., 2007).

انتخاب رویشگاه و اندازه‌گیری پوشش گیاهی

برای بررسی تعامل زیستی بین گیاه *Artemisia diffusa*

زندگی می‌کنند، طیف وسیعی از راهبردها را برای مقابله با محدودیت‌ها تحمل می‌کنند، مانند تحمل به سطوح کم عناصر، وجود یک صفت عملکردی به نام موسیلاژ در بذره‌های بیشتر گیاهان گچ‌دوست، انباشت غلظت بالای کلسیم و سولفور در برگ‌ها، وجود کریستال‌های گچ و اکسالات کلسیم و بیشتر گیاهان نیمه بوته‌ای دارای برگ‌های ریز، سخت و مقاوم هستند (Escudero et al., 2015). در مناطق خشک و نیمه‌خشک روابط زیستی بین گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. خاک‌های مناطق شور، آهکی و گچی به‌علت محدودیت آب و دمای بالا شرایط فیزیکی و شیمیایی خاصی دارند که رشد و توزیع گیاهان را محدود می‌کنند (Moore et al., 2014; Escudero et al., 2021; Cera et al., 2021). گونه‌هایی که در شرایط ادافیکی خاصی رویش دارند دارای صفت عملکردی تحمل به تنش هستند (Grime et al., 2000, 2008; Escudero et al., 2015) و تجمع گونه‌های گیاهی که در خاک‌های گچی رویش دارند به خصوصیات خاص خاک برای هر گونه بستگی دارد (Palacio et al., 2007; Luzuriaga et al., 2015). درمنه به‌عنوان گونه بوته‌ای پایا و مقاوم به تنش‌های محیطی در نواحی خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Ahmadian et al., 2022). در روابط زیستی، پاسخ گونه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است و روابط مثبت و منفی در سطح گونه می‌تواند خنثی شود و در سطح جامعه مشاهده نگردد. طی تحقیقی (۲۰۲۱) Bahalkeh و همکاران مشاهده کردند که گونه درمنه در پارک ملی گلستان در کوتاه‌مدت دارای اثر منفی ولی در بلندمدت با بهبود شرایط خردزیستگاهی اثر تسهیلی بر گونه‌های همراه خود دارد و در شرایط محیطی متوسط گیاهان پرستار موجب ایجاد تسهیل گونه‌های همراه می‌شوند. در تحقیقی (۲۰۱۵) Michalet و همکاران در مناطق تحت آبی مشاهده کردند که گونه‌های زیر اشکوب پاسخ‌های متضادی به اثرهای بوته‌ها داشتند. در تحقیقی در شمال چین Bai و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات متضادی را در اثرهای بوته‌ها نسبت به گونه‌های زیراشکوب در امتداد شیب محیطی مشاهده کردند.

ترتیب ۱۳۰۲، ۱۳۵۸، ۱۴۳۱ و ۱۵۴۴ متر از سطح دریا می‌باشد. بارندگی سالانه این رویشگاه‌ها از ۱۹۱-۳۴۸ میلی‌متر متغیر است. میانگین دمای سالیانه بین ۱۶/۶۰-۱۸/۸۴ درجه سانتی‌گراد است.

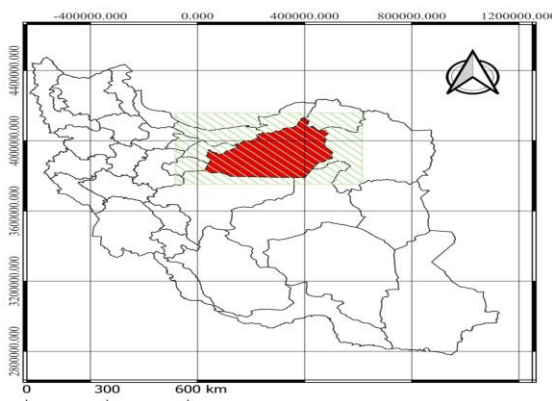
و گیاهان همسایه، ۴ رویشگاه مختلف (جدول و شکل ۱) براساس ارتفاع از سطح دریا و میزان گچ خاک بالای ۴۰ درصد انتخاب شد. این رویشگاه‌ها شامل تلخه، سرخه پایین، رامه و سرخه بالا هستند. ارتفاع این رویشگاه‌ها به

جدول ۱- توصیف مشخصات رویشگاه‌های مورد مطالعه براساس ارتفاع (متر از سطح دریا)، متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر)، متوسط

دمای سالیانه (سانتی‌گراد)، مقدار گچ (درصد) و مختصات جغرافیایی

Table 1- Description of the characteristics of the studied habitats based on altitude (meters above sea level), average annual rainfall (millimeter), average annual temperature (centigrade), Gypsum content (percent) and geographic coordinates.

Habitats	Altitude	Mean precipitation	Mean temperature	Gypsum content	Geographical coordinates
Talkheh	1302	193	17.27	45.9	N 35° 22' 01.0" , E 052° 58' 14.6"
Sorkhehdown	1358	191	16.60	62.72	N 35° 28' 1830" , E 53° 05' 9308"
Rameh	1431	208	18.84	63.84	N 35° 21' 41.3" , E 052° 42' 13.3"
Sorkhehup	1544	348	16.84	76.66	N 35° 28' 6638" , E 053° 05' 1202"



شکل ۱- موقعیت سایت‌های مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه

Figure 1- The location of the investigated sites in the studied area

زیاد نیست. در هریک از رویشگاه‌های مورد مطالعه تعداد ده پایه *A. diffusa* انتخاب شد و گونه‌های زیراشکوب آنها شناسایی و درصد حضور آنها در یک پلات ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متری ثبت شد، به علاوه در فاصله کمتر از ۲ متر از هر پایه گیاهی یک پلات به همان اندازه (پلات ۲۰

این سایت‌ها دارای چرای دام با شدت کم بودند. دلیل این موضوع، حضور بالای گونه‌های گچ‌دوست در ترکیب گیاهی است که عمدتاً دارای ارزش غذایی نمی‌باشد و بعضاً جزو گیاهان دارای ترکیبات سولفات بالا هستند که برای دام سمی است. از این رو، چرای دام در این سایت‌ها

بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. مدل‌ها در بسته lme4 انجام شد. برای تجزیه و تحلیل چند متغیره از PCA استفاده شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار R نسخه ۳,۲,۲ انجام شد. برای کمی کردن روابط زیستی بین گیاهان از شاخص نسبی روابط زیستی (Relative Interaction Index) استفاده شد (Michalet *et al.*, 2015). در اینجا X پوشش گیاهان زیر آشکوب داخل و پوشش گیاهان در پلات بیرون تاج پوشش است.

$$RII = \frac{x \text{ بیرون بوته} - x \text{ داخل بوته}}{x \text{ بیرون بوته} + x \text{ داخل بوته}}$$

نتایج

طبق جدول ۲ لیست گونه‌ها، در مجموع ۲۲ گونه گیاهی متعلق به ۱۳ خانواده شناسایی شد. مهمترین خانواده‌های گیاهی شامل Poaceae (۲۲/۷۳ درصد)، Boraginaceae (۷ درصد) و Brassicaceae (۷ درصد)، Asteraceae (۷ درصد) و Caryophyllaceae (۷ درصد) بودند.

بر اساس نتایج حاصل از مدل خطی ترکیبی تعمیم یافته مشاهده شد که موقعیت قرار گرفتن گونه‌ها بر درصد پوشش کل گونه‌ها ($P < 0.001$; $24/0.3$)، گندمیان (0.001); $P < 0.001$) و پهن‌برگان یکساله ($P < 0.001$; $26/84$) و اثر ارتفاع بر درصد پوشش کل گونه‌ها ($P < 0.003$; $5/0.4$)، گندمیان یکساله ($P < 0.001$; $7/95$)، پهن‌برگان یکساله ($P < 0.001$; $11/45$) و بوته‌ای‌ها ($P < 0.004$; $4/91$) و اثر متقابل آنها بر گندمیان ($P < 0.001$; $6/43$) و پهن‌برگان یکساله ($P < 0.001$; $6/74$) اثر معنادار دارد (جدول ۳).

در ۲۰ سانتی‌متری) در فضای خالی برای ثبت درصد حضور گونه‌ها مستقر شد. در مجموع ۲۰ پلات (بوته و فضای خالی مجاور) در هر رویشگاه بررسی شد (Bahalkeh *et al.*, 2021; Bashirzadeh *et al.*, 2024).

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک در هریک از رویشگاه‌های مورد مطالعه ۵ نمونه خاک از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری اول خاک در زیر بوته غالب و نیز فضای بدون پوشش گیاهی برداشت شد. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد و به مدت دو ماه در دمای اتاق خشک شد و در محلول $HCl-HNO_3$ حل گردید. محلول استخراج شده برای تعیین پارامترهای سولفور و پتاسیم، با استفاده از ICP-OES انجام گردید. کربن آلی با روش والکی بلاک و نیتروژن خاک با استفاده از دستگاه کج‌دال (Page 1982) اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی توسط دستگاه هدایت‌سنج برحسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر و اسیدیته توسط pH متر اندازه‌گیری شد. درصد مقدار گچ خاک با مقایسه متوالی نمونه‌هایی که در دمای ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند تعیین شد (Porta *et al.*, 1986). بافت خاک با آنالیزر لیزری ذرات (Particle laser analyser) انجام شد. مقدار کربنات کلسیم با استفاده از کلسیمتر برنارد انجام گردید (Muller & Gatsner, 1971).

تجزیه و تحلیل آماری

برای تحلیل تفاوت بین تیمارها از مدل خطی ترکیبی تعمیم یافته (Generalized linear mixed model) استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی HSD انجام شد. معناداری هریک از روابط زیستی با استفاده از آزمون تی تست یک‌طرفه انجام شد. برای آزمون نرمال

جدول ۲- لیست گونه‌های همراه در رویشگاه‌های مورد مطالعه (گروه عملکردی =AG=گندمیان یکساله، =AF=پهن‌برگان یکساله، =PF=پهن‌برگان چندساله و =S=بوته‌ها)

Table 2- The list of Neighbor species in the studied habitats. Functional group AG = annual grasses, AF = annual forbs, PF = perennial forbs and S = shrubs .

Family	Species	Functional groups
Amaryllidaceae		
1	<i>Allium fibrosum</i> Regel.	PF
Asteraceae		
2	<i>Jurinea radians</i> Boiss. subsp. <i>Radians</i> .	PF
3	<i>Koelipinia linearis</i> Pall.	AF
Asphodelaceae		
4	<i>Eremurus luteus</i> Baker.	PF
Boraginaceae		
5	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. & Karlik.	AF
6	<i>Lappula spinocarpos</i> (Forssk.) Asch.	AF
Brassicaceae		
7	<i>Neotorularia torulosa</i> (Desf.) Hedge & J.Léonard.	AF
8	<i>Strigosella africana</i> (L.) Botsch.	AF
Caprifoliaceae		
9	<i>Scabiosa micrantha</i> Desf.	AF
10	<i>Scabiosa olivieri</i> Coult.	AF
Caryophyllaceae		
11	<i>Gypsophila pilosa</i> Huds.	AF
Chenopodiaceae		
12	<i>Salsola rbuscula</i> Pall.	S
Ephedraceae		
13	<i>Ephedra sarcocarpa</i> Aitch. & Hemsl.	S
Euphorbiaceae		
14	<i>Euphorbia gypsycola</i> Rech.f. & Aellen.	PF
15	<i>Euphorbia</i> sp.	PF
Poaceae		
16	<i>Boissiera squarrosa</i> (Banks & Sol.) Nevski.	AG
17	<i>Bromus tectorum</i> L.	AG
18	<i>Eremopyrum bonaepartis</i> (Spreng.) Nevski.	AG
19	<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jaub. & Spach.	AG
20	<i>Lolium subulatum</i> (Banks & Soland.) Eig.	AG
Ranunculaceae		
21	<i>Adonis</i> sp.	AF
Resedaceae		
22	<i>Reseda aucheri</i> Boiss.	PF

جدول ۳- نتایج مدل GLMM برای بررسی تأثیر ارتفاع و موقعیت گونه‌ها بر درصد پوشش کل گونه‌ها و گروه‌های عملکردی مقادیر F نشان‌دهنده میزان تأثیر و نیز سطح معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ارائه شده است. مقادیر پررنگ نشان‌دهنده اثر معنی‌دار است. AG=گندمیان یکساله، AF=پهن‌برگان یکساله، PF=پهن‌برگان چندساله و S=بوته‌ها

Table 3- The results of the GLMM model to investigate the effect of altitude and position of species on the percentage of total coverage of species and functional groups. F values indicate the level of influence as well as the significance level at the level of 0.05. Bold text indicates a significant effect. AG = annual grasses, AF = annual forbs, PF = perennial forbs and S = shrubs

	Altitude			Position		Altitude × Position	
	Df	F value	P value	F value	P value	F value	P value
Total species	63	5.04	0.003	24.03	<0.001	2.55	0.064
AG	72	7.95	<0.001	22.27	<0.001	6.43	<0.001
AF	72	11.45	<0.001	26.84	<0.001	6.74	<0.001
PF	72	1.50	0.22	0.33	0.57	0.41	0.74
S	72	4.91	0.004	3.76	0.056	3.76	0.014

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ارتفاع و موقعیت گونه‌ها بر درصد پوشش کل گونه‌ها و گروه‌های عملکردی حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری گروه‌ها در موقعیت‌های مختلف و حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری گروه‌ها در رویشگاه‌های مختلف است.

Table 4- Compare mean of the effect of altitude and position of species on the percentage of total cover of species and functional groups. Capital letters indicate significant differences between groups in different positions and small letters indicate significant differences between groups in different habitats.

	Position	Altitude	Position	Altitude × Position	
		Talkheh (1302m)	Sorkhehdown (1358m)	Rameh (1431m)	Sorkhehup (1544m)
Total species	Patch	7.7±1.9A ^{ab}	13.3±2.36A ^a	0.75±0.05A ^b	12.75±5.3A ^a
	Open space	0.7±0.5B ^a	2.1±0.72B ^a	0.0±0.0A ^a	1.95±0.89B ^a
AG	Patch	2.2±0.9A ^b	8.3±2.3A ^a	0.0±0.0A ^b	3.15±0.84A ^b
	Open space	0.3±0.3A ^a	0.5±0.2B ^a	0.0±0.0A ^a	0.45±0.22B ^a
AF	Patch	5.3±1.2A ^a	5±1.06A ^a	0.5±0.5A ^b	0.5±0.5A ^b
	Open space	0.4±0.4B ^a	1.2±0.5B ^a	0.0±0.0A ^a	0.3±0.2A ^a
PF	Patch	0.2±0.2A ^a	0.0±0.0A ^a	0.25±0.2A ^a	1.6±1.5A ^a
	Open space	0.0±0.0A ^a	0.4±0.4A ^a	0.0±0.0A ^a	0.7±0.7A ^a
S	Patch	0.0±0.0A ^b	0.0±0.0A ^b	0.0±0.0A ^b	7.5±3.5A ^a
	Open space	0.0±0.0A ^a	0.0±0.0A ^a	0.0±0.0A ^a	0.5±0.5B ^a

یکساله نیز در تلخه (۵/۱±۳/۲) و سرخه پایین (۱±۵/۶) بیشترین اختلاف معناداری را در زیر تاج پوشش درمنه نشان داد و دو سایت دیگر دارای تفاوت معناداری نبودند. برای گیاهان بوته‌ای نیز فقط رویشگاه سرخه بالا (۷/۳±۵/۵) دارای تفاوت معناداری بود و سه رویشگاه دیگر دارای اختلاف معناداری نبودند. در رویشگاه رameh مجموع گونه‌ها (۰/۷۵±۰/۰۵)، گندمیان یکساله (۰/۰±۰/۰)، پهن‌برگان یکساله (۰/۵±۰/۵) و بوته‌ای‌ها (۰/۰±۰/۰) اختلاف معناداری بین زیر تاج پوشش درمنه و

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در رویشگاه‌های تلخه، سرخه پایین و سرخه بالا، درصد پوشش کل گونه‌ها (۷/۷±۱/۹، ۱۳/۲±۲/۳۶ و ۱۲/۵±۷۵/۳) در زیر تاج پوشش بوته درمنه بیشتر از فضای بیرون مجاور بوته بود. درصد پوشش گندمیان یکساله در رویشگاه‌های سرخه پایین (۸/۳±۲/۳) و سرخه بالا (۳/۰±۱۵/۸۴) بیشترین اختلاف معناداری را در زیر تاج پوشش درمنه نشان داد و دو رویشگاه دیگر تفاوت معناداری نشان ندادند. همچنین درصد پوشش پهن‌برگان

عملکردی، مشاهده شد که گندمیان یکساله ($P < 0.001$)؛
 $P < 0.001$ ($F = 7.43$)، پهن برگان یکساله ($F = 10.01$) و
 بوته‌ای‌ها ($F = 5$; $P < 0.006$) در رویشگاه‌های مختلف
 تفاوت معنادار داشتند (جدول ۵).

فضای بیرون نداشتند (جدول ۴).

براساس مدل مشاهده می‌شود که روابط زیستی کل
 گونه‌ها ($F = 2.95$; $P < 0.05$) بین رویشگاه‌های مختلف
 تفاوت معنی‌دار دارند. با تفکیک گونه‌ها در گروه‌های

جدول ۵- نتایج مدل GLMM برای بررسی تأثیر ارتفاع بر شاخص نسبی روابط زیستی کل گونه‌ها و گروه‌های عملکردی
 مقادیر F نشان‌دهنده میزان تأثیر و نیز سطح معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ارائه شده است. مقادیر پررنگ نشان‌دهنده اثر معنی‌دار است.
 AG = گندمیان یکساله، AF = پهن برگان یکساله، PF = پهن برگان چند ساله و S = بوته‌ها

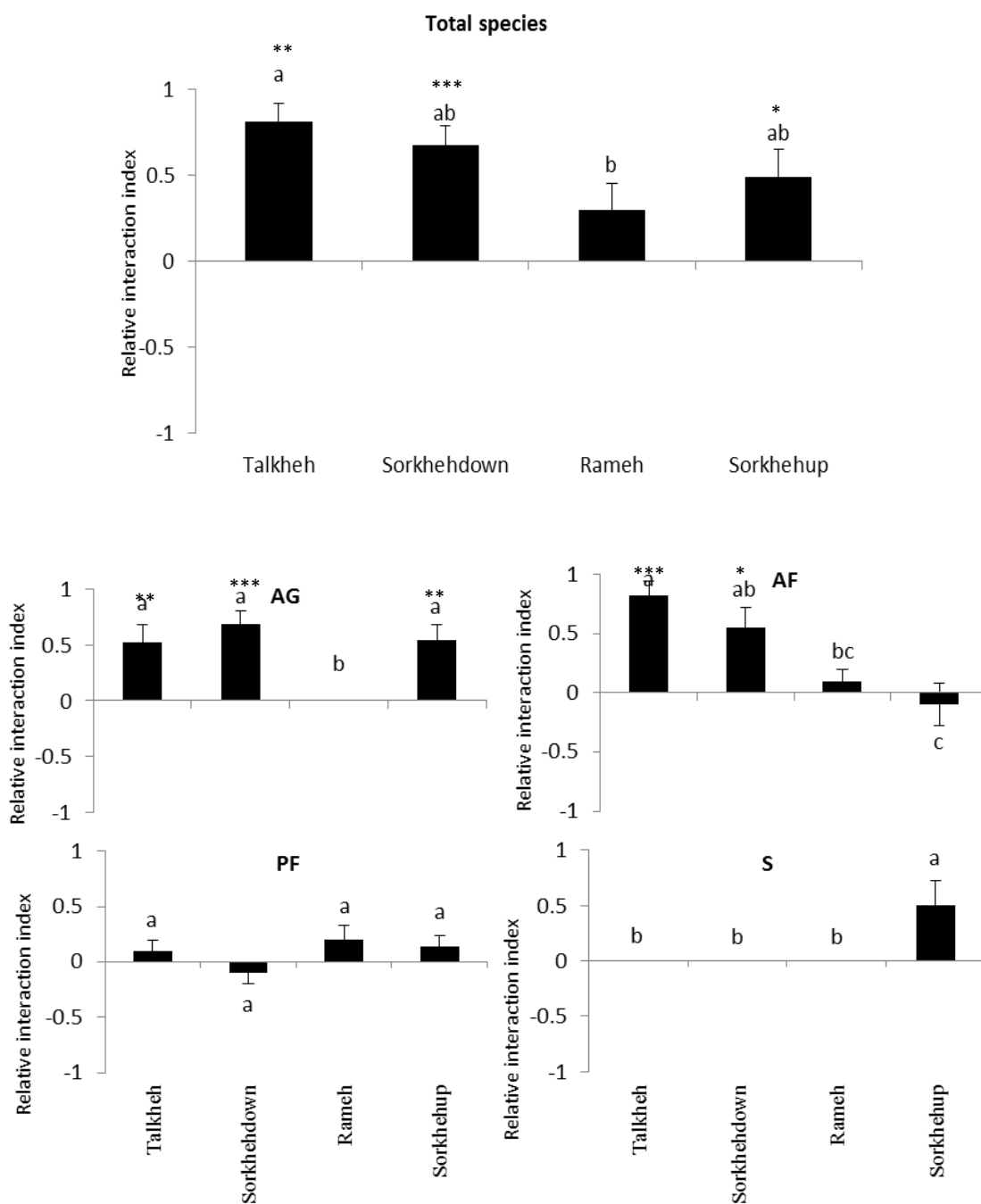
Table 5- The results of the GLMM model to investigate the effect of altitude on the relative interaction index of total species and functional groups. F values indicate the level of influence as well as the significance level at the level of 0.05. P values indicate a significant effect. AG = annual grasses, AF = annual forbs, PF = perennial forbs and S = shrubs.

	Total species	AG	AF	PF	S
Df	3	3	3	3	3
F value	2.95	7.42	10.01	1.39	5
P value	0.05	<0.001	<0.001	0.26	0.006

قرارگیری گونه‌ها بیشترین اثر معناداری بر پارامترهای
 شیمیایی خاک داشتند. ارتفاع برای تمام متغیرهای خاک
 به جز شوری ($F = 2.16$; $P < 0.07$) اثر معنادار داشت.
 موقعیت قرار گرفتن گونه‌ها در زیر یا بیرون بوته بر
 متغیرهای شوری ($F = 4.46$; $P < 0.04$)، مقدار گچ (0.02)؛
 $P < 0.001$ ($F = 6.54$)، فسفر ($F = 21.01$; $P < 0.001$)، کربن آلی
 ($F = 7.32$; $P < 0.01$)، نیتروژن ($F = 53.44$; $P < 0.001$) و
 سولفور ($F = 9.53$; $P < 0.05$) اثر معنادار داشت. اثر متقابل
 ارتفاع و موقعیت قرار گرفتن گونه‌ها بر متغیرهای شوری
 ($F = 3.34$; $P < 0.03$)، شن ($F = 7.26$; $P < 0.001$)، سیلت
 ($F = 4.81$; $P < 0.01$)، رس ($F = 6.90$; $P < 0.001$)، فسفر
 ($F = 5.74$; $P < 0.03$) و نیتروژن ($F = 5.16$; $P < 0.05$) اثر
 معنادار داشت (جدول ۶).

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشاهده می‌شود
 که مجموع گونه‌ها در سه رویشگاه تلخه (0.81 ± 0.11)،
 سرخه پایین (0.68 ± 0.11) و سرخه بالا (0.49 ± 0.16)
 دارای تسهیل بود و رویشگاه تلخه بیشترین میزان تسهیل را
 داشت و سایت رامه (0.3 ± 0.15) دارای رابطه خنثی بود.
 گندمیان یکساله در تلخه (0.53 ± 0.16)، سرخه پایین
 (0.69 ± 0.12) و سرخه بالا (0.54 ± 0.14) دارای تسهیل
 بودند و در سایت رامه (0.0 ± 0.0) دارای روابط خنثی
 بودند. پهن برگان یکساله در تلخه (0.82 ± 0.12) و سرخه
 پایین (0.55 ± 0.17) دارای تسهیل بودند. گیاهان بوته‌ای و
 پهن برگان چندساله در همه رویشگاه‌ها دارای روابط خنثی
 بودند (شکل ۲).

براساس نتایج حاصل از مدل مشاهده می‌شود که به
 ترتیب ارتفاع، اثر متقابل ارتفاع و موقعیت و بعد موقعیت



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین شاخص نسبی روابط زیستی کل گونه‌ها و گروه‌های عملکردی در رویشگاه‌های مورد مطالعه حروف متفاوت نشان‌دهنده اثر معنی‌داری می‌باشد. گروه عملکردی AG=گندمیان یکساله، AF=پهن‌برگان یکساله، PF=پهن‌برگان چند ساله و S=بوته‌ها. همچنین علامت‌های معنادار بالای گراف‌ها بیانگر معناداری روابط زیستی با استفاده از آزمون تی تست یک‌طرفه در سطح ۰/۰۵ است.

Figure 2- The results of compare mean of relative interaction index of total species and functional groups in the studied habitats. Different letters indicate significant effects. Functional group AG = annual grasses, AF = annual forbs, PF = perennial forbs and S = shrubs. Statistical points show the biotic interactions significance using one way t-test.

جدول ۶- نتایج مدل GLMM برای بررسی تأثیر ارتفاع و موقعیت قرارگیری گونه‌ها در زیراشکوب یا فضای باز مجاور و اثر متقابل آنها بر پارامترهای خاک

حروف متفاوت نشان‌دهنده اثر معناداری می‌باشد. مقادیر F نشان‌دهنده میزان تأثیر و نیز سطح معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ارائه شده است. مقادیر پر رنگ نشان‌دهنده اثر معنی‌دار است.

Table 6- The results of the GLMM model to investigate the effect of the altitude and position of the species under patch or nearby open spaces the shrub and their interactions on soil parameters. Different letters indicate significant effects. F values indicate the level of influence as well as the significance level at the level of 0.05. Colored values indicate a significant effect.

Soil parameters	Altitude			Position		Altitude× Position	
	Df	F value	P value	F value	P value	F value	P value
pH	28	16.86	<0.001	0.78	0.384	2.52	0.078
EC	28	2.61	0.068	4.46	0.043	3.34	0.031
Gypsum	28	17.36	<0.001	6.54	0.016	2.56	0.068
Sand	28	6.82	0.001	3.67	0.066	7.26	<0.001
Silt	28	4.79	0.008	3.02	0.093	6.90	0.001
Clay	28	12.53	<0.001	2.80	0.104	4.81	0.007
P	28	23.77	<0.001	21.01	<0.001	5.74	0.003
C	28	12.52	<0.001	7.32	0.011	1.89	0.151
N	28	11.21	<0.001	53.44	<0.001	5.16	0.006
S	28	7.89	<0.001	9.53	0.05	4.26	0.13
CaCO ₃	28	8.45	<0.001	2.9	0.096	1.11	0.365

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین پارامترهای شیمیایی خاک در رویشگاه‌های مورد مطالعه

حروف مختلف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف معناداری در موقعیت‌های مختلف و حروف مختلف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معناداری در ارتفاعات مختلف می‌باشد.

Table 7- The results of compare mean the soil chemical parameters in the studied habitats. Different capital letters indicate a significant difference in different positions and different lowercase letters indicate a significant difference in different heights .

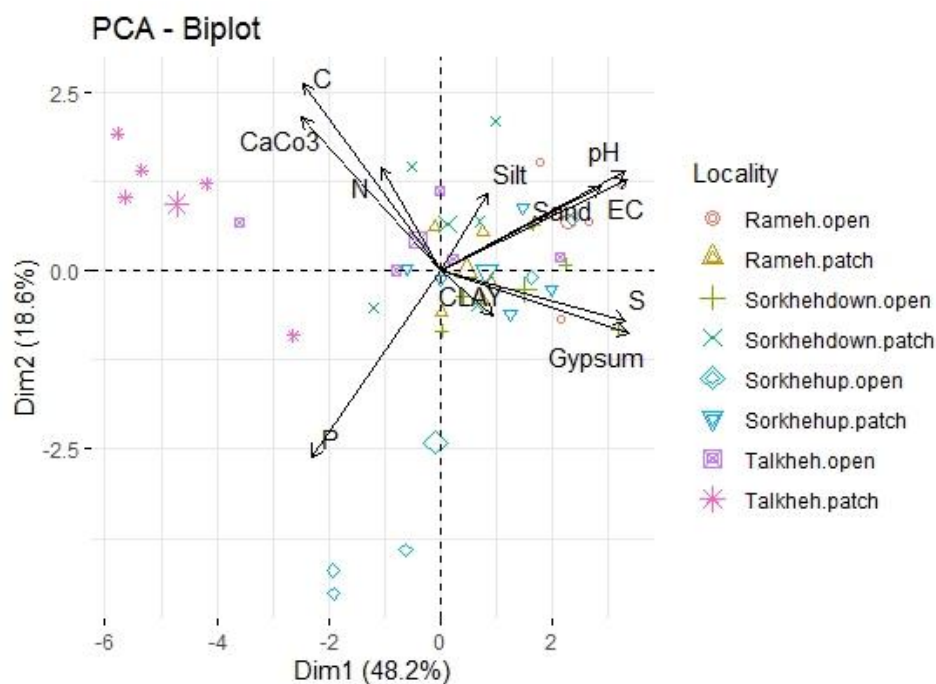
Soil parameters	Position	Talkheh (1302m)	Sorkhehdown (1358m)	Rameh (1431m)	Sorkhehup (1544m)
pH	Patch	8.20±0.04A ^a	7.98±0.07A ^{bc}	8.12±0.03A ^{ab}	7.85±0.04A ^c
	Open space	8.14±0.07A ^a	7.92±0.01A ^b	8.05±0.04A ^{ab}	7.96±0.02A ^b
EC	Patch	2332.12±27.90A ^b	2436.40±78.04A ^{ab}	2510.80±35.62A ^a	2354±40.29A ^b
	Open space	2397±12.44A ^a	2364.60±20.85A ^a	2348.50±11.25B ^a	2318.40±6.47A ^a
Gypsum	Patch	35.06±6.92B ^c	54.03±3.09A ^b	62.70±4.02A ^{ab}	76.17±2.62A ^a
	Open space	56.93±3.47A ^b	62.72±5.75A ^{ab}	63.84±4.29A ^{ab}	76.66±1.05A ^a
Sand	Patch	51.10±3.60B ^b	68.89±3.01A ^a	64.29±1.55A ^a	52.96±0.61A ^b
	Open space	71.80±3.22A ^a	66.25±3.36A ^a	60.43±1.32A ^{ab}	54.68±4.64A ^b
Silt	Patch	31.78±1.61A ^a	18.65±2.85A ^b	22.27±0.93A ^b	26.45±1.08A ^{ab}
	Open space	19.88±1.51B ^a	19.98±2.45A ^a	25.98±0.89A ^a	24.63±2.25A ^a
Clay	Patch	17.12±2.24A ^{ab}	12.46±0.55A ^b	13.44±0.74A ^b	20.60±1.02A ^a
	Open space	8.31±1.86B ^b	13.78±1.02A ^b	13.58±0.71A ^b	20.69±2.48A ^a
P	Patch	2.10±0.31A ^a	0.58±0.25A ^b	0.64±0.08A ^b	0.30±0.07A ^b
	Open space	0.78±0.10B ^a	0.48±0.14A ^{ab}	0.20±0.05A ^{ab}	0.06±0.04A ^b
C	Patch	4.17±0.78A ^a	1.56±0.14A ^b	1.40±0.06A ^b	1.17±0.15A ^b
	Open space	2.22±0.78B ^a	0.98±0.13A ^a	1.11±0.15A ^a	0.78±0.03A ^a
N	Patch	0.13±0.01A ^a	0.07±0.01A ^b	0.08±0.00A ^b	0.09±0.01A ^b
	Open space	0.06±0.00B ^a	0.05±0.00A ^a	0.05±0.00B ^a	0.06±0.00B ^a
S	Patch	4.57±1.21A ^b	7.63±0.61A ^a	7.18±0.29A ^a	9.26±0.46A ^a
	Open space	8.32±0.28B ^a	8.31±0.54A ^a	7.88±0.38A ^a	9.20±0.27A ^a

Soil parameters	Position	Talkheh (1302m)	Sorkhehdown (1358m)	Rameh (1431m)	Sorkhehup (1544m)
CaCO ₃	Patch	24.65±5.76A ^a	10.20±0.79A ^b	5.36±0.59A ^b	6.33±0.32A ^b
	Open space	14.58±5.82B ^a	6.47±1A ^a	4.94±0.66A ^a	5.99±0.31A ^a

معناداری در زیر تاج پوشش گیاهی نسبت به فضای باز مجاور پایه گیاهی داشت. همچنین میزان نیتروژن به غیر از رویشگاه سرخه پایین در ۳ رویشگاه دیگر در داخل بوته بیشتر از بیرون بوته بود.

نتایج حاصل از آنالیز چند متغیره نشان می‌دهد که محور اصلی اول ۴۸/۲ درصد و محور اصلی دوم ۱۸/۶ درصد تغییرات پارامترهای خاک را نشان می‌دهد. محور اصلی اول با پارامترهای مقدار گچ، شوری و سولفور و محور اصلی دوم با فسفر، کربن و کربنات کلسیم بیشترین همبستگی را داشت (شکل ۳).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین پارامترهای شیمیایی خاک بین زیر تاج پوشش گیاه و فضای باز مجاور پایه گیاهی در رویشگاه‌های مختلف نشان داد که اسیدپتت تفاوت معناداری در زیر تاج پوشش و فضای باز مجاور نداشت. فقط در رویشگاه تلخه به‌طور معناداری میزان سولفور (۴/۱±۵۷/۲۱)، فسفر (۲/۰±۱۷/۳)، رس (۱۷/۲±۱۲/۲۴)، سیلت (۳۱/۱±۷۸/۶۱)، کربن (۴/۰±۱۷/۷۸) و کربنات کلسیم (۲۴/۵±۶۵/۷۶) در زیر اشکوب بیشتر از فضای باز مجاور و میزان شن (۷۱/۳±۸/۲۲) و گچ (۵۶/۳±۹۳/۴۷) کمتر از فضای باز مجاور پایه گیاهی بود. همچنین میزان شوری (۲۵۱۰/۳۵±۸۰/۶۲) رویشگاه رامه افزایش



شکل ۳- نتایج تجزیه و تحلیل چند متغیره پارامترهای شیمیایی خاک

Figure 3- Results of multivariate analysis of soil chemical parameters

همراه در زیر تاج پوشش درمنه بیشتر از فضای باز مجاور آن است، در نتیجه گونه *A. diffusa* به عنوان گونه پرستار عمل کرده و با استفاده از سازوکارهای خاص

بحث

روابط زیستی درمنه

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که گونه‌های

مشاهده است.

شیب ارتفاع

در این تحقیق یک روند کاهشی تسهیل از شیب ارتفاعی کم به زیاد در روابط زیستی کل گونه‌ها مشاهده شد. با توجه به اینکه رویشگاه تلخه کمترین میزان گنج (۴۵/۹۱ درصد) و ارتفاع (۱۳۰۲ متر) و بارندگی (۱۹۳ میلی‌متر) را دارد بیشترین تسهیل وجود داشت. این نتایج با یافته‌هایی که بیان کردند با افزایش بارندگی فعالیت تسهیلی کاهش و رقابت افزایش می‌یابد مانند منطقه خشک به نیمه‌خشک مطابقت دارد. طی تحقیقی Rahmanian و همکاران (۲۰۲۱) روابط زیستی گیاهی گونه *Artemisia kopetdaghensis* را تحت شیب خشکی و چرایی بررسی کردند، نتایج آنان نشان داد در مناطق خشک و تحت چرای شدید رابطه تسهیلی و در تنش کمتر رقابت در بین گیاهان وجود داشت و در مناطق نیمه‌خشک با چرای شدید بوته‌ها از پهن‌برگان چندساله محافظت می‌کردند. همچنین طی پژوهشی Choler و همکاران (۲۰۰۱) در مناطق آلبی فرانسه پاسخ گیاهان را در طول شیب ارتفاعی بررسی کردند و مشاهده کردند که در ارتفاع کم رقابت و در ارتفاعات بالا تغییر روابط به تسهیل وجود دارد و به این نتیجه رسیدند در جایی که تنش محیطی کم است رابطه زیستی از نوع رقابت و در جایی که تنش غیرزیستی وجود دارد گیاهان پرستار باعث استقرار گونه‌های همسایه خود می‌شوند. دلیل اختلاف نتایج بین این مطالعه با نتایج مطالعه این تحقیق، این است که منطقه مورد مطالعه در ارتفاعات بالاتر شامل رویشگاه آلبی است که به دلیل شرایط سخت محیطی مطالعات مختلفی روابط تسهیلی را در ارتفاعات بالا گزارش کرده‌اند. در صورتی که در مطالعه اخیر هر ۴ رویشگاه بررسی شده در ارتفاع کمتر از ۱۸۰۰ متر واقع شده‌اند که دارای شرایط سخت و محدودکننده آلبی نیستند. رویشگاه رame دارای رابطه خنثی بود. این موضوع ارتباط با ترکیب گیاهی این سایت دارد. در این رویشگاه میزان حضور گیاهان یکساله که نقش مهمی در روابط

خود باعث استقرار گونه‌های همراه در زیر تاج پوشش خود شده است و موجب بهبود شرایط خردزیستگاهی می‌شود. همچنین این ارتباط تسهیلی و بهبود خردزیستگاهی با افزایش ارتفاع کاهش معناداری دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که درمنه در بیشتر رویشگاه‌ها نقش تسهیلی در رویشگاه گچی دارد. نتایج متفاوتی از گونه درمنه در رویشگاه‌های مختلف ارائه شده است که از رابطه تسهیلی تا خنثی (Jankju, 2013)، تسهیل (Callaway et al., 1996; Arroyo et al., 2017) و خنثی (Bahalkeh et al., 2021) تا رقابت (Escudero et al., 2000; Pueyo et al., 2016) متغیر است. بنابراین نتایج این تحقیق با یافته‌های محققان که رابطه تسهیلی برای درمنه گزارش کرده‌اند مطابقت دارد. همچنین رابطه خنثی در سایت رame با نتایج محققانی که روابط خنثی را گزارش کرده‌اند مطابقت دارد. دلیل این رابطه تسهیلی با حضور بالای گیاهان یکساله که دارای بانک بذر قوی هستند و یا بهبود خصوصیات رویشگاهی مرتبط است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک اسپانیا Arroyo و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که گونه *Artemisia herba-alba* موجب تسهیل بانک بذر در زیر تاج پوشش خود شده است و غنای بانک بذر در زیر تاج پوشش بیشتر از فضای باز مجاور پایه گیاهی بود. علاوه بر این، Ahmadian و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که تراکم بانک بذر *Alyssum desertorum* و *Lolium subulatum* در زیر بوته‌های درمنه نسبت به فضای باز مجاور بوته بیشتر است که این موضوع به عنوان یک راهبرد برای بازسازی جوامع گیاهی از طریق انباشت بذر گیاهان در زیر تاج پوشش بوته‌هاست (Poschlod et al., 2013). همچنین نقش تسهیلی درمنه بر گیاهان یکساله در مطالعه (Bahalkeh et al., 2021) تأیید شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که در ارتفاع کم از سطح دریا، بوته درمنه اثر معناداری بر بهبود کیفیت خاک و خصوصیات خرداقليمی دارد. این بهبود با افزایش مقادیر کربن و نیتروژن خاک در زیر بوته درمنه رویشگاه تلخه قابل

درمنه بیشتر از فضای باز مجاور بود، اگرچه روابط زیستی آن معنادار نبود و دارای روابط خنثی بودند. البته میزان درصد بالاتر گیاهان بوته‌ای در ارتفاع بالاتر که میزان رطوبت بالاست قابل تحلیل است. گیاهان بوته‌ای دارای رقابت در جذب رطوبت هستند، بنابراین در مناطق خشک‌تر امکان رشد در کنار یکدیگر را کمتر دارند. نقش بوته درمنه در ایجاد محیط تنش آبی برای سایر گیاهان به‌ویژه گیاهان بوته‌ای توسط سایر محققان اشاره شده است (Caldwell & Richards, 1989). جوامع گیاهی شامل گروه‌های عملکردی مختلفی هستند که در امتداد شیب‌های محیطی پاسخ‌های متفاوتی دارند. گونه‌هایی با راهبردهای عملکردی مختلف در یک جامعه واکنش‌های متضادی را به بوته غالب در امتداد شیب‌های محیطی از خود نشان می‌دهند (Bai *et al.*, 2021). با افزایش ارتفاع میزان درصد گچ نیز افزایش می‌یابد که باعث ایجاد محیط سخت‌تری برای گیاه می‌شود. با توجه به اینکه میزان درصد گچ بالای ۴۰ درصد شرایط سختی را برای گیاه ایجاد می‌کند (Escudero *et al.*, 2000) و مقادیر گچ نیز در همه ۴ رویشگاه بسیار بالاست. بنابراین اثر منفی گچ بالا در همه رویشگاه‌ها وجود دارد که منجر به سازگاری گیاهان به این شرایط سخت شده است. اما در رویشگاه‌های واقع در ارتفاع پایین‌تر به دلیل خشکی بیشتر و بارندگی کمتر اثر مقادیر بالای گچ محیط سخت‌تری را برای گیاه ایجاد می‌کند که مطابق با یافته‌های (Palacio *et al.*, 2007) است. بررسی شیب ارتفاعی به عنوان یک معیار مفید برای بررسی روابط زیستی گیاهان و واکنش آنها به تغییرات اقلیمی است. کمی کردن پاسخ گیاهان در امتداد شیب ارتفاعی می‌تواند در درک واکنش‌های گیاهان به تغییرات محیطی به کار بیاید. در شرایط اقلیم خشک‌تر نقش تسهیلی گونه‌های پرستار دارای اهمیت بیشتری است و برنامه‌های مدیریتی باید در راستای حفظ این گونه‌ها باشد. پاسخ گیاهان در سطح گونه با ترکیب جامعه گیاهی در ارتباط است و بررسی نوع پاسخ گروه‌های عملکردی به شرایط محیطی،

تسهیلی دارد بسیار کم بود. این موضوع باعث شده است که درصد کل گیاهان زیر بوته درمنه و نیز بیرون از تاج درمنه پایین باشد که در نتیجه منجر به رابطه خنثی شده است. ترکیب گیاهی این سایت عمدتاً از گیاهان چندساله تشکیل شده است که به صورت پایه‌های منفرد در رویشگاه حضور دارند و میزان اثر متقابل گونه‌ها بر یکدیگر در چارچوب روابط زیستی رقابتی و تسهیلی دیده نمی‌شود. در رویشگاه سرخه بالا حضور بالاتر گندمیان یکساله و نیز بوته‌ها باعث معنادار شدن روابط زیستی تسهیلی شده است.

با مقایسه روابط زیستی در سطح گروه‌های عملکردی مشخص شد که در ارتفاع پایین، بیشترین تسهیل در گروه‌های گندمیان و پهن‌برگان یکساله مشاهده می‌شود. همچنین با افزایش ارتفاع میزان درصد این گونه‌های یکساله، به‌ویژه گیاهان علفی یکساله در زیر بوته کاهش چشمگیری داشته است که اثرهای مشخصی نیز بر میزان کاهش مقادیر روابط زیستی در رویشگاه‌های واقع در ارتفاع بالاتر داشته است. گندمیان و پهن‌برگان یکساله تا ارتفاع ۱۳۵۸ متری بیشترین میزان فراوانی را در زیر تاج پوشش بوته درمنه داشتند. در زیست‌بوم‌های خشک و نیمه‌خشک اهمیت تسهیل در ارتفاعات کم افزایش می‌یابد که به علت محدودیت آب در رویشگاه‌های پایین گیاهان دچار تنش هستند، در نتیجه برای استقرار نیاز به گیاهان پرستار دارند (Cavieres *et al.*, 2006; Michalet *et al.*, 2014). تسهیل زیاد گیاهان یکساله، بیانگر نحوه سازگاری این گونه در محیط‌های پر تنش است. این سازگاری عمدتاً توسط توانایی بالای ایجاد بانک بذر خاک توسط گیاهان یکساله تفسیر می‌شود. نقش تسهیلی درمنه بر گیاهان یکساله در مطالعه (Bahalkeh *et al.*, 2021) تأیید شده است. از سوی دیگر، بوته‌ای‌ها و پهن‌برگان علفی چندساله دارای روابط خنثی بودند، بدین معنی که اختلاف معناداری بین پوشش گیاهی زیر بوته و بیرون بوته مشاهده نشده است. بوته‌ای‌ها تنها گروهی بودند که در شیب ارتفاعی بالا فراوانی آنها در زیر بوته

امکان نحوه سازگاری آنها را نسبت به تغییرات بیان می‌کند.

References

- Abedi, M., Arzani, H., Shahryari, E., Tongway, D. and Aminzadeh, M., 2007. Assessment of patches structure and function in arid and semi arid rangeland. *Journal of Environmental Studies*, 32:117–126.
- Arroyo, A.I., Pueyo, Y., Reiné, R., Giner, M.L. and Alados, C.L., 2017. Effects of the allelopathic plant *Artemisia herba-alba* Aso on the soil seed bank of a semi-arid plant community. *Journal of Plant Ecology*, 10(6):927-936. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw120>.
- Ahmadian, N., 2017. Functional Traits of Biological Soil Crusts and their Effects on Germination of Rangeland Species and Microhabitats Characteristics (Case Study: Golestan National Park). M.Sc. thesis. Tarbiat Modares University. 144 P.
- Ahmadian, N., Abedi, M., Escudero, A., Sohrabi, M. and Luzuriaga, A. L., 2022. *Artemisia sieberi* dominated landscapes of Northeastern Iran host great diversity in lichen and annual plant species. *Flora*, 288: 152019. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2022.152019>.
- Bahalkeh, K., Abedi, M. and DianatiTilaki, G.A., 2017. Competition effects of *Onobrychiscornuta* changes between exposures and fire (Case Study Golestan Natural Park). *The Rangeland Journal*, 11(3):342-352.
- Bahalkeh, K., Abedi, M., DianatiTilaki, G.A. and Michalet, R., 2021. *Artemisia sieberi* shrubs have contrasting specific effects on understory species in Iranian steppes. *Journal of Vegetation Science*, 32(4):p.e13067. <https://doi.org/10.1111/jvs.13067>.
- Bai, Y., Michalet, R., She, W., Qiao, Y., Liu, L., Miao, C., Qin, S. and Zhang, Y., 2021. Contrasting responses of different functional groups stabilize community responses to a dominant shrub under global change. *Journal of Ecology*, 109(4):1676-1689. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13588>.
- Bertness, M.D. and Callaway, R., 1994. Positive interactions in communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 9(5): 191-193. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(94\)90088-4](https://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90088-4).
- Bashirzadeh, M., Abedi, M. and Farzam, M., 2024. Plant-plant interactions influence post-fire recovery depending on fire history and nurse growth form. *Fire Ecology*, 20(1): p.9.
- Bolukbasi, A., Kurt, L. and Palacio, S., 2016. Unravelling the mechanisms for plant survival on gypsum soils: an analysis of the chemical composition of gypsum plants from Turkey. *Plant Biology*, 18(2):271–279. <https://doi.org/10.1111/plb.12401>.
- Brooker, R.W., Maestre, F.T., Callaway, R.M., Lortie, C.L., Cavieres, L.A., Kunstler, G., Liancourt, P., Tielbörger, K., Travis, J.M. and Anthelme F., 2008. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, 96(1):18-34.
- Callaway, R. M., DeLucia, E. H., Moore, D., Nowak, R. and Schlesinger, W. H., 1996. Competition and facilitation: contrasting effects of *Artemisia tridentata* on desert vs. montane pines. *Ecology*, 77: 2130-2141.
- Caldwell, M.M. and Richards, J.H., 1989. Hydraulic lift: water efflux from upper roots improves effectiveness of water uptake by deep roots. *Oecologia*, 79: 1–5. <https://doi.org/10.2307/2265707>.
- Casby-Horton, S., Herrero, J. and Rolong, N.A., 2015. Gypsum soils—Their morphology, classification, function, and landscapes. *Advances in agronomy*, 130:231-290. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.002>.
- Cavieres, L.A., Badano, E.I., Sierra-Almeida, A., Gómez-González, S. and Molina-Montenegro, M.A., 2006. Positive interactions between alpine plant species and the nurse cushion plant *Laretia acaulis* do not increase with elevation in the Andes of central Chile. *New Phytologist*, 169(1):59-69. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01573.x>.
- Cera, A., Duplat, E., Montserrat-Martí, G., Gómez-Bolea, A., Rodríguez-Echeverría, S. and Palacio, S., 2021. Seasonal variation in AMF colonisation, soil and plant nutrient content in gypsum specialist and generalist species growing in P-poor soils. *Plant and Soil*, 468:509-524. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05140-3>.
- Choler, P., Michalet, R. and Callaway, R.M., 2001. Facilitation and competition on gradients in alpine plant communities. *Ecology*, 82(12):3295-3308. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[3295:FACOGI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[3295:FACOGI]2.0.CO;2).
- Grime, J.P., Brown, V.K., Thompson, K., Masters, G.J., Hillier, S.H., Clarke, I.P., Askew, A.P., Corker, D. and Kielty JP., 2000. The response of two contrasting limestone grasslands to

- simulated climate change. *Science*, 289:762–765. <https://doi.org/10.1126/science.289.5480.762>.
- Grime, J.P., Fridley, J.D., Askew, A.P., Thompson, K., Hodgson, J.G. and Bennett, C.R., 2008. Long-term resistance to simulated climate change in an infertile grassland. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105:10028–10032. <https://doi.org/10.1073/pnas.0711567105>.
- Guerrero-Campo, J., Alberto, F., Hodgson, J., García-Ruiz, J.M. and Montserrat-Martí, G., 1999. Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. I. Interactions with topographic factors and soil erosion. *Journal of Arid Environments*, 4(41): 401–410.
- Escudero, A., Albert, M.J., Pita, J.M. and Pérez-García, F., 2000. Inhibitory effects of *Artemisia herba-alba* on the germination of the gypsophyte *Helianthemum squamatum*. *Plant Ecology*, 148:71–80. <https://doi.org/10.1023/A:1009848215019>.
- Escudero, A., Palacio, S., Maestre, F.T. and Luzuriaga, A.L., 2015. Plant life on gypsum: a review of its multiple facets. *Biological Reviews*, 90(1):1–18. <https://doi.org/10.1111/brv.12092>.
- Holmgren, M., Scheffer, M. and Huston, M.A., 1997. The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology*, 78:1966–1975. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1997\)078\[1966:TIOFAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078[1966:TIOFAC]2.0.CO;2).
- Jalili, A., 2015. *Ecology, Evolution. and Biogeography of Artemisia L*. Research Institute of Forests and Rangelands Publications, Tehran, I.R. Iran, p. 494.
- Jankju, M., 2013. Role of nurse shrubs in restoration of an arid rangeland: effects of microclimate on grass establishment. *Arid Environments*, 89: pp.103-109. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.09.008>.
- Johnson, E.A. and Miyanishi, K. eds., 2010. *Plant disturbance ecology: the process and the response*. Elsevier.
- Luzuriaga, A.L., González, J.M. and Escudero A., 2015. Annual plant community assembly in edaphically heterogeneous environments. *Journal of Vegetation Science*, 26:866–875. <https://doi.org/10.1111/jvs.12285>.
- Michalet, R., Chen, S., An, L., Wang, X., Wang, Y., Guo, P., Ding, C. and Xiao, S., 2015. Communities: are they groups of hidden interactions? *Journal of Vegetation Science*, 26(2): 207–218. <https://doi.org/10.1111/jvs.12226>.
- Michalet, R., Le Bagousse Pinguet, Y., Maalouf, J.P. and Lortie, C.J., 2014. Two alternatives to the stress gradient hypothesis at the edge of life: the collapse of facilitation and the switch from facilitation to competition. *Journal of Vegetation Science*, 25(2):609–613. <https://doi.org/10.1111/jvs.12123>.
- Mohammadabadi, F., Farzam, M. and Ejtehad, H., 2019. Facilitation Effects of the Rangeland Shrubs *Astragalus chrysostachys* Boiss and *Artemisia kopetdaghensis* (Poljakov) YR Ling on the Species Diversity, Along a Gradient of Livestock Grazing. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8(2):17–29.
- Mohammadi, A., Arianfar, A. and Noori, M., 2017. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activity of *Artemisia diffusa* essential oil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(5): pp.1235-1243. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1345329>.
- Moore, M., Mota, J., Douglas, N., Flores-Olvera, H. and Ochoterena H., 2014. The ecology, assembly, and evolution of gypsophile floras. In: Rajakaruna N, Boyd RS, Harris TB, eds. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, 97–128.
- Muller, G. and Gatsner M., 1971. Chemical analysis. *Neues Jahrb Für Mineral Monatshefte* 10:466–469.
- Ning, Z., Zhao, X., Li, Y., Wang, L., Lian, J., Yang, H. and Li, Y., 2021. Plant community C: N: P stoichiometry is mediated by soil nutrients and plant functional groups during grassland desertification. *Ecological Engineering*, 162: p.106179. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106179>.
- Page, A.L., 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. 1159.
- Palacio, S., Escudero, A., Montserrat-Martí, G., Maestro, M., Milla, R. and Albert, M.J., 2007. Plants living on gypsum: beyond the specialist model. *Annals of Botany* 99:333–343.
- Porta, J., López-Acevedo, M. and R. Rodríguez., 1986. *Técnicas y experimentos en edafología*. Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya.
- Poschlod, P., Abedi, M., Bartelheimer, M., Drobnik, J., Rosbakh, S and Saatkamp, A., 2013. Seed ecology and assembly rules in plant communities. *Vegetation ecology*, 2: pp.164-202. <https://doi.org/10.1002/9781118452592.ch6>.
- Pueyo, Y., Moret-Fernández, D., Arroyo, A.I., de Frutos, A., Kéfi, S., Saiz, H., Charte, R., Giner, M.D.L.L. and Alados, C.L., 2016. Plant nurse effects rely on combined hydrological and ecological components in a semiarid ecosystem. *Ecosphere*, 7(10): p.e01514. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1514>.

- Pugnaire, F., Haase, P., Puigdefábregas, J., Cueto, M., Clark, S. and Incoll, L.Z., 1996. Facilitation and succession under the canopy of a leguminous shrub, *Retama sphaerocarpa*, in a semi-arid environment in south-east Spain. *Oikos*, 76(3):455-464. <https://doi.org/10.2307/3546339>.
- Raath-Krüger, M.J., McGeoch, M.A., Schöb, C., Greve M. and Le Roux, P.C., 2019. Positive plant-plant interactions expand the upper distributional limits of some vascular plant species. *Ecosphere*, 10(8): p.e02820. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2820>.
- Raffaele, E. and Veblen, T.T., 1998. Facilitation by nurse shrubs of resprouting behavior in a post-fire shrubland in northern Patagonia, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 9: 693-698. <https://doi.org/10.2307/3237287>.
- Rahmanian, S., Ejtehad, H., Farzam, M., Hejda, M., Memariani, F. and Pyšek, P., 2021. Does the intensive grazing and aridity change the relations between the dominant shrub *Artemisia kopetdaghensis* and plants under its canopies? *Ecology and Evolution*, 11(20):14115-14124. <https://doi.org/10.1002/ece3.8124>.
- Rechinger, K.H., 1986. *Artemisia*, in: *Flora Iranica, Compositae*, 158.
- Ruiz, J. M., López-Cantarero, I., Rivero, R. M. and Romero, L., 2003. Sulphur phytoaccumulation in plant species characteristic of gypsiferous soils. *International Journal of Phytoremediation*, 5(3):203-210.
- Vanandel, J. and van der Maarel, E., 2006. Species interactions structuring plant communities. *Vegetation ecology*. In: van der Maarel, E. & Franklin, J. (eds.) *Vegetation Ecology*, pp. 238-264. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Vandenberghe, C., Smit, C., Pohl, M., Buttler, A. and Freléchoux F., 2009. Does the strength of facilitation by nurse shrubs depend on grazing resistance of tree saplings? *Basic and Applied Ecology*, 10(5):427-436. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2008.08.009>.