



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

Khadijeh Bahalkeh¹, Mehdi Abedi^{2*}, Sara Palacio³, Arantzazu L. Luzuriaga⁴ and Adrian 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 زیست بوم‌های گچی (مطالعه موردی: استان سمنان)

خدیدجه بهلکه^۱، مهدی عابدی^{۲*}، Sara Palacio^۳، Arantzazu L. Luzuriaga^۳ 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، پست 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 بر اساس 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 سپس 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 فیزیکوشیمیایی 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 نرم افزار R انجام شد. برای اندازه‌گیری روابط زیستی بین گیاهان از شاخص نسبی روابط زیستی استفاده شد.

نتایج

بر اساس نتایج به دست 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 (۷/۷±۱/۹)، سرخه پایین (۱۳/۲±۲/۳۶) و سرخه بالا (۱۲/۷۵±۵/۳)، 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 (۵±۱/۰۶) در سرخه بالا بوته‌ای‌ها (۷/۵±۳/۵) و گندمیان یک‌ساله (۳/۱۵±۰/۸۴) 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 صرفاً 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 به طور معناداری میزان سولفور ($4/57 \pm 1/21$)، فسفر ($2/1 \pm 0/3$)، رس ($17/12 \pm 2/24$)، سیلت ($31/78 \pm 1/61$)، کربن ($4/17 \pm 0/78$) و آهک ($24/65 \pm 5/76$) در زیراشکوب بیشتر از فضای باز و میزان شن ($71/8 \pm 3/22$) و گچ ($56/93 \pm 3/47$) کمتر از فضای باز مجاور پایه گیاهی بود. به طور کلی میزان گچ در ارتفاعات پایین کمتر و میزان اسیدیته بیشتر بود و در رویشگاه بالا عکس این نتیجه مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی گیاه *Artemisia diffusa* در رویشگاه گچی استان سمنان دارای اثرات تسهیلی است که با افزایش ارتفاع از اثرات 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، سمنان، رقابت، گروه عملکردی.

مقدمه

روابط زیستی نقش مهمی در پویایی 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 می‌شوند. 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

شده 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). گیاهانی که در خاک‌های گچی

مشاهده کردند. 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 نمود. 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 رویشگاه‌ها است.

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 به علت قرار گرفتن بخشی از دشت کویر در این استان، آب و هوای نیمه بیابانی دارد. به علت وجود گچ این استان دارای معادن گچ زیادی هست که باعث بهره‌وری شده و اقتصاد منطقه را رونق بخشیده ولی به علت استفاده بی‌رویه از گچ و ایجاد آشفته‌گی در خاک بر روابط بین گیاهان تأثیر گذاشته است.

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

انتخاب رویشگاه و اندازه‌گیری پوشش گیاهی

زندگی می‌کنند، طیف وسیعی از استراتژی‌ها را برای مقابله با محدودیت‌ها تحمل می‌کنند، مانند تحمل به سطوح کم عناصر، وجود یک صفت عملکردی به نام موسیلاژ در بذرهای اکثر گیاهان گچ‌دوست، انباشت غلظت بالای کلسیم و سولفور در برگ‌ها، وجود کریستال‌های گچ و اکسالات کلسیم و اکثر گیاهان نیمه بوته‌ای دارای برگ‌های ریز و سخت و مقاوم هستند (Escudero et al., 2015). در مناطق خشک و نیمه خشک روابط زیستی بین گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. خاک‌های مناطق شور، آهکی و گچی به علت 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., 2015; 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 کوتاه مدت دارای اثر منفی ولی در بلند مدت 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 آلیی مشاهده کردند که گونه‌های زیر اشکوب پاسخ‌های متضادی به اثرات بوته‌ها داشتند. در تحقیقی در شمال چین Bai و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات متضادی را در اثرات بوته‌ها نسبت به گونه‌های زیراشکوب در امتداد شیب محیطی

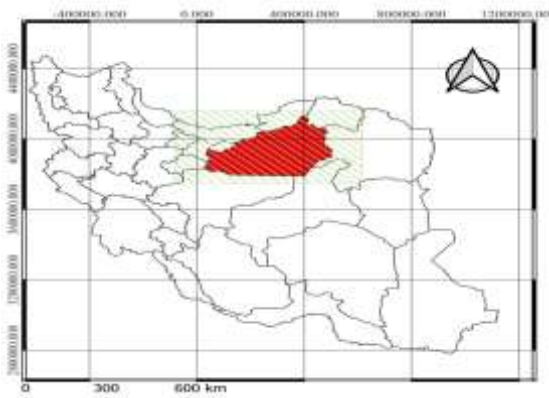
ترتیب ۱۳۰۲، ۱۳۵۸، ۱۴۳۱ و ۱۵۴۴ متر از سطح دریا می‌باشد. بارندگی سالانه این رویشگاه‌ها از ۱۹۱-۳۴۸ میلی‌متر متغیر است. میانگین دمای سالیانه بین ۱۶/۶۰-۱۸/۸۴ درجه سانتی‌گراد است.

برای بررسی تعامل زیستی بین گیاه *Artemisia diffusa* و گیاهان همسایه، ۴ رویشگاه مختلف (جدول و شکل ۱) بر اساس 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 بر اساس 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

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 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).

این سایت‌ها دارای چرای دام با شدت کم بودند. دلیل این امر حضور بالای گونه‌های گچ دوست 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 زیاد نمی‌باشد. در هر یک از رویشگاه‌های مورد مطالعه تعداد ده پایه *A. diffusa* انتخاب شد و گونه‌های

برای تجزیه و تحلیل چند متغیره از PCA استفاده شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار R نسخه ۳,۲,۲ صورت گرفت. جهت 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 گیاهان است.

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

نتایج

بر 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 ($P < 0.001$; $24/03$)، گندمیان ($0/001$); $22/27P <$ و پهن‌برگان یک‌ساله ($P < 0.001$; $26/84$) و اثر ارتفاع بر درصد پوشش کل گونه‌ها ($P < 0.003$; $5/04$)، 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).

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک در هر یک 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- HNO₃ حل شد. محلول استخراج شده برای تعیین پارامترهای سولفور و پتاسیم، با استفاده از ICP-OES انجام گردید. کربن آلی با روش والکی‌بلاک 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 آنالایزرلیزری ذرات (Particle laser analyser) (Mastersizer 2000 Hydro G, Malvern, UK) انجام شد. مقدار کربنات کلسیم با استفاده از کلسیمتر برنارد انجام شد (Muller & Gatsner, 1971).

تجزیه و تحلیل آماری

برای تحلیل تفاوت بین تیمارها از مدل خطی ترکیبی تعمیم یافته (Generalized linear mixed model) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی HSD انجام شد. معناداری هر یک از روابط زیستی با استفاده از آزمون تی تست یک طرفه انجام شد. برای آزمون نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. مدل‌ها در بسته Ime4 انجام شد.

جدول ۲- لیست گونه‌های همراه در رویشگاه‌های مورد مطالعه. گروه عملکردی =AG=گندمیان یک‌ساله، =AF=پهن برگان یک‌ساله، =PF=پهن برگان چند ساله 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>Koelpinia 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 gypsicola</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 پر رنگ نشان‌دهنده اثر معنی‌دار است. AG=گندمیان یک‌ساله، AF=پهن برگان یک‌ساله، PF=پهن برگان چند ساله 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	Talkheh (1302m)	Sorkhehdown (1358m)	Rameh (1431m)	Sorkhehup (1544m)
Total species	Patch	7.7±1.9Aab	13.3±2.36Aa	0.75±0.05Ab	12.75±5.3Aa
	Open space	0.7±0.5Ba	2.1±0.72Ba	0.0±0.0Aa	1.95±0.89Ba
AG	Patch	2.2±0.9Ab	8.3±2.3Aa	0.0±0.0Ab	3.15±0.84Ab
	Open space	0.3±0.3Aa	0.5±0.2Ba	0.0±0.0Aa	0.45±0.22Ba
AF	Patch	5.3±1.2Aa	5±1.06Aa	0.5±0.5Ab	0.5±0.5Ab
	Open space	0.4±0.4Ba	1.2±0.5Ba	0.0±0.0Aa	0.3±0.2Aa
PF	Patch	0.2±0.2Aa	0.0±0.0Aa	0.25±0.2Aa	1.6±1.5Aa
	Open space	0.0±0.0Aa	0.4±0.4Aa	0.0±0.0Aa	0.7±0.7Aa
S	Patch	0.0±0.0Ab	0.0±0.0Ab	0.0±0.0Ab	7.5±3.5Aa
	Open space	0.0±0.0Aa	0.0±0.0Aa	0.0±0.0Aa	0.5±0.5Ba

یکساله نیز در تلخه (۵/۳±۱/۲) و سرخه پایین (۵±۱/۶) بیشترین اختلاف معناداری در زیر تاج پوشش درمنه مشاهده شد و دو سایت دیگر دارای تفاوت معناداری نبودند. برای گیاهان بوته‌ای نیز صرفاً رویشگاه سرخه بالا (۷/۵±۳/۵) دارای تفاوت معناداری بودند 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±۰/۰) 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 ۱۲/۷۵±۵/۳) 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 (۳/۱۵±۰/۸۴) بیشترین اختلاف معناداری در زیر تاج پوشش درمنه ملاحظه شد و دو رویشگاه دیگر تفاوت معناداری نشان ندادند. همچنین درصد پوشش پهن‌برگان

فضای بیرون مشاهده نشد (جدول ۴).
 بر اساس مدل مشاهده می‌شود که روابط زیستی کل گونه‌ها ($F=2/95$; $P<0/05$) بین رویشگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌دار داشتند. با تفکیک گونه‌ها در گروه‌های

عملکردی مشاهده شد، گندمیان یک‌ساله ($0/001$)؛
 $F=7/43$ ($P<0/001$)، پهن‌برگان یک‌ساله ($F=10/01$;
 و بوته‌ای‌ها ($F=5$; $P<0/006$) در رویشگاه‌های مختلف تفاوت معنادار داشتند (جدول ۵).

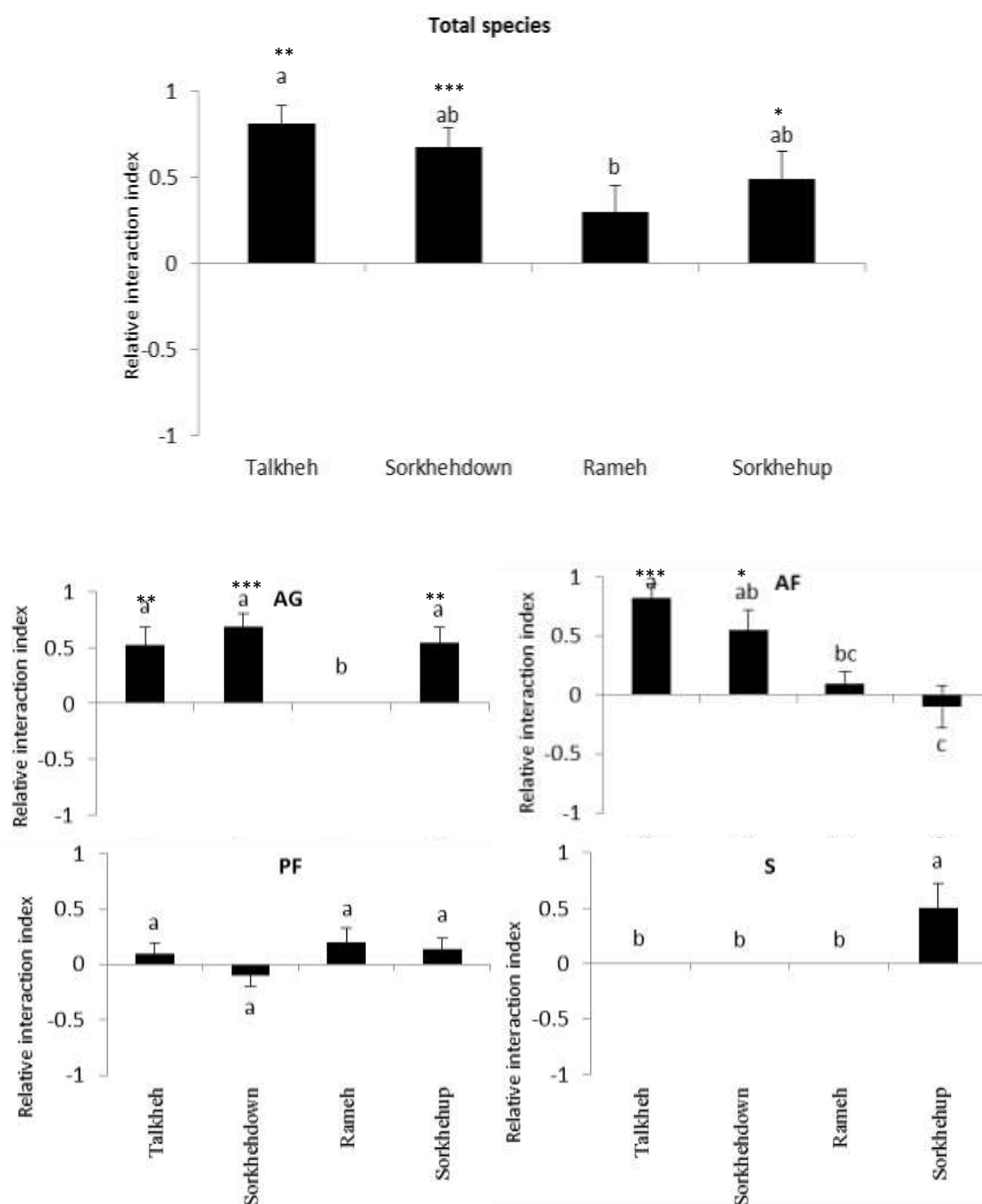
جدول ۵- نتایج مدل GLMM برای بررسی تأثیر ارتفاع بر شاخص نسبی روابط زیستی کل گونه‌ها و گروه‌های عملکردی. مقادیر F نشان‌دهنده میزان تأثیر و نیز سطح معنی‌داری در سطح $0/05$ ارائه شده است. مقادیر پررنگ نشان‌دهنده اثر معنی‌دار است.
 AG=گندمیان یک‌ساله، AF=پهن‌برگان یک‌ساله، PF=پهن‌برگان چندساله و S=بوته‌ها.

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 ($F=6/54$; $P<0/02$)، مقدار گچ ($F=4/46$; $P<0/04$)، فسفر ($F=21/01$; $P<0/001$)، کربن آلی ($0/01$)؛ $F=7/32$ ($P<0/001$)، 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 ($0/03$)؛ $F=3/34$ ($P<0/001$)، شن ($F=7/26$; $P<0/001$)، سیلت ($0/001$)؛ $F=6/90$ ($P<0/001$)، رس ($F=4/81$; $P<0/01$)، فسفر ($0/003$)؛ $F=5/74$ ($P<0/05$) و نیتروژن ($F=5/16$; $P<0/05$) اثر معنادار داشت (جدول ۶).

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین مشاهده می‌شود مجموع گونه‌ها در سه رویشگاه تلخه ($0/81 \pm 0/11$)، سرخه پایین ($0/68 \pm 0/11$) و سرخه بالا ($0/49 \pm 0/16$) دارای تسهیل بود و رویشگاه تلخه بیشترین میزان تسهیل را داشت و همچنین سایت رامه ($0/3 \pm 0/15$) دارای رابطه خنثی بود. گندمیان یک‌ساله در تلخه ($0/53 \pm 0/16$)، سرخه پایین ($0/69 \pm 0/12$) و سرخه بالا ($0/54 \pm 0/14$) دارای تسهیل بودند و در سایت رامه ($0/0 \pm 0/0$) دارای روابط خنثی بودند. پهن‌برگان یک‌ساله در تلخه ($0/82 \pm 0/12$) و سرخه پایین ($0/55 \pm 0/17$) دارای تسهیل بودند. گیاهان بوته‌ای و پهن‌برگان چندساله در همه رویشگاه‌ها دارای روابط خنثی بودند (شکل ۲).
 بر اساس نتایج حاصل از مدل مشاهده می‌شود که به ترتیب ارتفاع، اثر متقابل ارتفاع و موقعیت و سپس موقعیت



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین شاخص نسبی روابط زیستی کل گونه‌ها و گروه‌های عملکردی در رویشگاه‌های مورد مطالعه. حروف متفاوت نشان دهنده اثر معنی‌داری می‌باشد. گروه عملکردی AG=گندمیان یک‌ساله، AF=پهن برگان یک‌ساله، PF=پهن برگان چند ساله و S=بوته‌ها. همچنین علامت‌های معنادار بالای گراف‌ها بیانگر معناداری روابط زیستی با استفاده از آزمون تی تست یک طرفه 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 نشان دهنده اثر معناداری می‌باشد. مقادیر F نشان‌دهنده میزان تأثیر و نیز سطح معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ارائه شده است. مقادیر پر رنگ نشان دهنده 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 نشان دهنده اختلاف معناداری در موقعیت‌های مختلف و حروف مختلف کوچک نشان دهنده اختلاف معناداری در ارتفاعات مختلف می‌باشد.

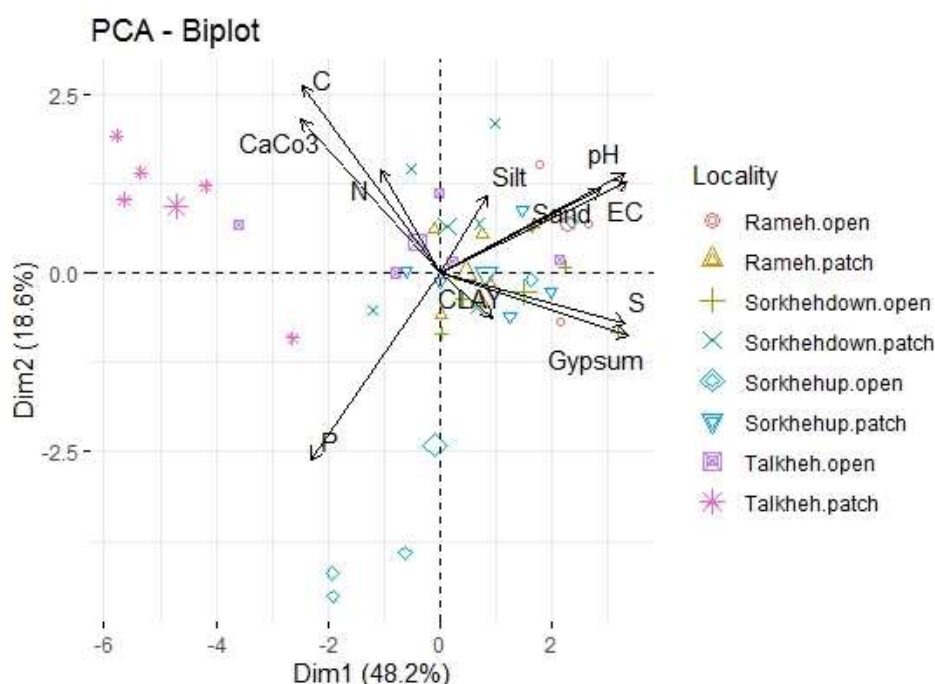
Table 7- The results of compare mean the soil chemical parameters in the studied habitats. Different capital letters indicate a significant difference in different positions and different lowercase letters indicate a significant difference in different heights.

Soil parameters	Position	Talkheh (1302m)	Sorkhehdown (1358m)	Rameh (1431m)	Sorkhehup (1544m)
pH	Patch	8.20±0.04Aa	7.98±0.07Abc	8.12±0.03Aab	7.85±0.04Ac
	Open space	8.14±0.07Aa	7.92±0.01Ab	8.05±0.04Aab	7.96±0.02Ab
EC	Patch	2332.12±27.90Ab	2436.40±78.04Aab	2510.80±35.62Aa	2354±40.29Ab
	Open space	2397±12.44Aa	2364.60±20.85Aa	2348.50±11.25Ba	2318.40±6.47Aa
Gypsum	Patch	35.06±6.92Bc	54.03±3.09Ab	62.70±4.02Aab	76.17±2.62Aa
	Open space	56.93±3.47Ab	62.72±5.75Aab	63.84±4.29Aab	76.66±1.05Aa
Sand	Patch	51.10±3.60Bb	68.89±3.01Aa	64.29±1.55Aa	52.96±0.61Ab
	Open space	71.80±3.22Aa	66.25±3.36Aa	60.43±1.32Aab	54.68±4.64Ab
Silt	Patch	31.78±1.61Aa	18.65±2.85Ab	22.27±0.93Ab	26.45±1.08Aab
	Open space	19.88±1.51Ba	19.98±2.45Aa	25.98±0.89Aa	24.63±2.25Aa
Clay	Patch	17.12±2.24Aab	12.46±0.55Ab	13.44±0.74Ab	20.60±1.02Aa
	Open space	8.31±1.86Bb	13.78±1.02Ab	13.58±0.71Ab	20.69±2.48Aa
P	Patch	2.10±0.31Aa	0.58±0.25Ab	0.64±0.08Ab	0.30±0.07Ab
	Open space	0.78±0.10Ba	0.48±0.14Aab	0.20±0.05Aab	0.06±0.04Ab
C	Patch	4.17±0.78Aa	1.56±0.14Ab	1.40±0.06Ab	1.17±0.15Ab
	Open space	2.22±0.78Ba	0.98±0.13Aa	1.11±0.15Aa	0.78±0.03Aa
N	Patch	0.13±0.01Aa	0.07±0.01Ab	0.08±0.00Ab	0.09±0.01Ab
	Open space	0.06±0.00Ba	0.05±0.00Aa	0.05±0.00Ba	0.06±0.00Ba
S	Patch	4.57±1.21Ab	7.63±0.61Aa	7.18±0.29Aa	9.26±0.46Aa
	Open space	8.32±0.28Ba	8.31±0.54Aa	7.88±0.38Aa	9.20±0.27Aa
CaCO ₃	Patch	24.65±5.76Aa	10.20±0.79Ab	5.36±0.59Ab	6.33±0.32Ab
	Open space	14.58±5.82Ba	6.47±1Aa	4.94±0.66Aa	5.99±0.31Aa

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 بیش تر از بیرون بوته بود.

نتایج حاصل از آنالیز چند متغیره نشان می دهد که محور اصلی اول ۴۸/۲ درصد و محور اصلی دوم ۱۸/۶ درصد تغییرات پارامترهای خاک را نشان می دهد. 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 رویشگاه های مختلف نشان داد که اسیدیته تفاوت معناداری در زیر تاج پوشش و فضای باز مجاور نداشت. صرفاً در رویشگاه تلخه به طور معناداری میزان سولفور ($4/57 \pm 1/21$)، فسفر ($2/1 \pm 0/3$)، رس ($17/12 \pm 2/24$)، سیلت ($31/78 \pm 1/61$)، کربن ($4/17 \pm 0/78$) و کربنات کلسیم ($24/65 \pm 5/76$) در زیر اشکوب بیشتر از فضای باز مجاور و میزان شن ($71/8 \pm 3/22$) و گچ ($56/93 \pm 3/47$) کمتر از فضای باز مجاور پایه گیاهی بود. همچنین میزان شوری ($2510/80 \pm 35/62$) رویشگاه رامه افزایش



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

Figure 3- Results of multivariate analysis of soil chemical parameters

بحث

روابط زیستی درمنه

پرستار عمل کرده و با استفاده از مکانیسم های خاص خود باعث استقرار گونه های همراه در زیر تاج پوشش خود شده است و باعث بهبود شرایط خردزیستگاهی می شود. همچنین این ارتباط تسهیلی و بهبود خردزیستگاهی با افزایش ارتفاع کاهش معناداری دارد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که گونه های همراه در زیر تاج پوشش درمنه بیش تر از فضای باز مجاور آن است در نتیجه گونه *A. diffusa* به عنوان گونه

شد. با توجه به اینکه رویشگاه تلخه کمترین میزان گچ (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 نیمه خشک مطابقت دارد. طی تحقیقی Rahmanian و همکاران (۲۰۲۱) روابط زیستی گیاهی گونه *Artemisia kopetdaghensis* را تحت شیب خشکی و چرایی بررسی کردند نتایج آن‌ها نشان داد در مناطق خشک و تحت چرای شدید رابطه تسهیلی و در تنش کمتر رقابت در بین گیاهان وجود داشت و در مناطق نیمه خشک با چرای شدید بوته‌ها از پهن‌برگان چندساله محافظت می‌کردند. همچنین طی پژوهشی Choler و همکاران (۲۰۰۱) در مناطق آبی 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 تحقیق حاضر این است که منطقه مورد مطالعه در ارتفاعات بالاتر شامل رویشگاه آبی 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 محدود کننده آبی نمی‌باشند. رویشگاه رامه دارای رابطه خنثی بود. این امر ارتباط با ترکیب گیاهی این سایت دارد. در این رویشگاه میزان حضور گیاهان یکساله که نقش مهمی در روابط تسهیلی دارد بسیار کم بود. این امر 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

نتایج این تحقیق نشان داد که درمنه در اکثر 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)، خنثی (Bahalkeh et al., 2021) تا رقابت (Escudero et al., 2016; Pueyo et al., 2000) متغیر است. بنابراین نتایج این تحقیق با یافته‌های محققین که رابطه تسهیلی برای درمنه گزارش کرده‌اند مطابقت دارد. همچنین رابطه خنثی در سایت رامه 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 نیمه خشک 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 *subulatum* در زیر بوته‌های درمنه نسبت به فضای باز مجاور بوته بیش‌تر است که این امر به عنوان یک استراتژی 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 خرداقلیمی دارد. این بهبود با افزایش مقادیر کربن و نیتروژن خاک در زیر بوته درمنه رویشگاه تلخه قابل مشاهده است.

شیب ارتفاع

در این تحقیق یک روند کاهشی تسهیل از شیب ارتفاعی کم به زیاد در روابط زیستی کل گونه‌ها مشاهده

ارتفاع بالاتر که میزان رطوبت بالاست قابل تحلیل است. گیاهان بوته‌ای دارای رقابت در جذب رطوبت هستند و بنابراین در مناطق خشک‌تر امکان رشد در کنار یکدیگر را کمتر دارند. نقش بوته درمنه در ایجاد محیط تنش آبی برای سایر گیاهان به خصوص گیاهان بوته‌ای توسط سایر محقق اشاره شده است (Caldwell & Richards, 1989). جوامع گیاهی شامل گروه‌های عملکردی مختلفی هستند که در امتداد شیب‌های محیطی پاسخ‌های متفاوتی دارند. گونه‌هایی با استراتژی‌های 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 رویشگاه‌ها بسیار بالا است. 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 اثرات 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 آید. 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 امکان نحوه سازگاری آن‌ها را نسبت به تغییرات بیان می‌کند.

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 به خصوص گیاهان علفی یکساله در زیر بوته کاهش چشمگیری داشته‌اند که اثرات 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 نیمه خشک 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.*, 2014; Michalet *et al.*, 2006). تسهیل زیاد گیاهان یکساله، بیانگر نحوه سازگاری این گونه در محیط‌های پر تنش است. این سازگاری عمدتاً توسط توانایی بالای ایجاد بانک بذر خاک تویط گیاهان یکساله تفسیر می‌شود. نقش تسهیلی درمنه بر گیاهان یکساله در مطالعه (Bahalkeh *et al.*, 2021) تأیید شده است. از طرف 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 درمنه بیش‌تر از فضای باز مجاور بود اگرچه روابط زیستی آن معنادار نبود و دارای روابط خنثی بودند. میزان درصد بالاتر گیاهان بوته‌ای در

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* Asso 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 Dianati Tilaki, G.A., 2017. Competition effects of *Onobrychis cornuta* changes between exposures and fire (Case Study Golestan Natural Park). *The Rangeland Journal*, 11(3):342-352.
- Bahalkeh, K., Abedi, M., Dianati Tilaki, 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 J.P., 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 Ejtehadi, 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.
 - Van Andel, 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>.