

ارزیابی مؤلفه های تنوع زیستی و الگوهای هم باشی گونه های گیاهی در مراتع قرق و تحت چرا با

استفاده از بسته tabula در محیط R

(مطالعه موردی: شهرستان زیرکوه، خراسان جنوبی)

مسلم رستم پور*

۱. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری و عضو گروه پژوهشی خشکسالی و تغییر اقلیم، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

رایان نامه: rostampour@birjand.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل-پژوهشی	پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کارایی بسته نرم افزاری tabula در محیط R برای مطالعات جامعه شناسی گیاهی و سنجش تأثیر قرق بلندمدت بر مؤلفه های تنوع زیستی مراتع شهرستان زیرکوه، خراسان جنوبی انجام شد. نمونه برداری در دو منطقه تحت چرا و قرق (حداقل ۳۰ سال) با استقرار ۶۰ پلات ۴ مترمربعی به روش تصادفی-سیستماتیک در امتداد ترانسکت انجام گرفت. شاخص های تنوع آلفا، بتا و ضرایب تشابه با استفاده از بسته tabula محاسبه شدند. نتایج نشان داد علیرغم تراکم پایه بیشتر در منطقه تحت چرا (۲۹۶۰ پایه)، این منطقه از غنای گونه ای بالاتری (۲۵ گونه) نسبت به منطقه قرق (۲۲ گونه) برخوردار بود. شاخص های تنوع شانون-وینر (۱/۲۶) در مقابل (۰/۹۰)، بریلوئین (۱/۲۵ در مقابل ۰/۸۹) و مک اینتاش (۰/۳۸ در مقابل ۰/۲۱) مقادیر بالاتری را در منطقه تحت چرا نشان دادند ($P < ۰/۰۱$). برآوردگر چائو ۱ در منطقه تحت چرا (۷۴/۹۸) به مراتب بیشتر از منطقه قرق (۳۴/۰۹) بود که حاکی از پتانسیل بالاتر گونه های مشاهده نشده است. در مقابل، شاخص های غالبیت سیمپسون (۰/۳۹ در مقابل ۰/۶۳) و برگر-پارکر (۰/۵۴ در مقابل ۰/۷۸) بیانگر غالبیت بالاتر در منطقه قرق بودند. تحلیل های باز نمونه گیری، پایداری برآوردها را تأیید و اریبی مثبت را در هر دو منطقه نشان دادند. شاخص کدی با مقدار ۱۰/۵، نرخ بالای جایگزینی گونه ها را در طول گرادیان چرا آشکار ساخت. گونه جوموشی (<i>Bromus tectorum</i>) فراوان ترین گونه در هر دو منطقه بود، در حالی که چمن پیازدار (<i>Poa bulbosa</i>) وابستگی شدیدی به حضور دام نشان داد و فراوانی آن در شرایط قرق به شدت کاهش یافت. بسته tabula کارایی بالایی در محاسبه دقیق شاخص های تنوع، برآورد اریبی و خطا با روش های باز نمونه گیری، و مصورسازی الگوهای هم باشی و فراوانی گونه ها داشت. این پژوهش نشان داد قرق بلندمدت لزوماً به افزایش تنوع گونه ای منجر نمی شود و طراحی برنامه های مدیریتی نیازمند رویکردی انعطاف پذیر و مبتنی بر شرایط بوم شناختی منطقه است.
تاریخ های مقاله: دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۷ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۱۵	
واژگان کلیدی: تنوع زیستی قرق محیط R مراتع خشک	
استناد دهی: رستم پور مسلم. ارزیابی مؤلفه های تنوع زیستی و الگوهای هم باشی گونه های گیاهی در مراتع قرق و تحت چرا با استفاده از بسته tabula در محیط R (مطالعه موردی: شهرستان زیرکوه، خراسان جنوبی). پژوهش های نوین در علوم منابع طبیعی. ۱۴۰۵، ۱ (۱): ۳۴-۴۵.	

۱. مقدمه

چرای دام یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ساختار، کارکرد و پویایی اکوسیستم‌های مرتعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود و می‌تواند از طریق تغییر در ترکیب گونه‌ای، الگوی پراکنش، زی‌توده و تعاملات رقابتی گیاهان، تنوع زیستی را تحت تأثیر قرار دهد (۸). فشار چرای، به‌ویژه در صورت بهره‌برداری مفرط، از عوامل اصلی تخریب مراتع و کاهش ظرفیت تولید و پایداری این اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود. در این راستا، قرق مرتع به‌عنوان یکی از شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های اصلاح و احیای مراتع تخریب‌شده در مناطق خشک جهان مطرح بوده و در بسیاری از برنامه‌های مدیریتی مورد استفاده قرار گرفته است (۱، ۱۵، ۱۸).

پژوهش‌های متعدد به بررسی پیامدهای قرق بر تنوع زیستی و ویژگی‌های ساختاری پوشش گیاهی پرداخته‌اند. به‌عنوان نمونه، کرمی و همکاران (۱۱) در بررسی اثر چرای مداوم و قرق ۴۰ ساله در مراتع سارال کردستان نشان دادند که قرق طولانی‌مدت موجب افزایش معنی‌دار تاج‌پوشش و غنای گونه‌ای گیاهان یک‌ساله، علفی‌های چندساله و بوته‌ها شده و در نهایت تنوع گونه‌ای کل را ۱۷/۸ درصد افزایش داده است. همچنین مطالعه Wang و همکاران (۲۴) در فلات تبت نشان داد که پنج سال قرق در چهار تیپ علفزار (استپ معتدل، علفزار باتلاقی، استپ آلی و چمنزار آلی) سبب افزایش ارتفاع گیاه، پوشش، زی‌توده و تنوع گونه‌ای گردید. با این حال، نتایج همه پژوهش‌ها بیانگر اثرات یکنواخت و کاملاً مثبت قرق نیست. برای مثال، Kazemi و همکاران (۱۲) گزارش کردند که قرق بلندمدت (۳۳ ساله) در مراتع نیمه‌استپی سمیرم اگرچه به تفکیک پوشش گیاهی انجامید، اما نتوانست افزایش معنی‌داری در تنوع و یکنواختی گونه‌ای ایجاد کند و حتی به شکل‌گیری جامعه‌ای ناپایدار منجر شد؛ در حالی‌که چرای مدیریت‌شده سبب افزایش معنی‌دار غنا و تنوع و پایداری بیشتر جامعه گیاهی گردید. به‌طور مشابه، Anlo و همکاران (۱۳) در پروژه کنترل منابع ش‌ن‌زاد پکن-تیانجین نشان دادند که قرق مؤثرترین روش احیایی در افزایش زی‌توده (به‌ویژه زی‌توده زیرزمینی) و پوشش گیاهی است، اما با کاهش یکنواختی گونه‌ای همراه بوده است.

در مراتع نیمه‌خشک جیرفت، Kamali Maskooni و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که چرای شدید موجب کاهش معنی‌دار شاخص‌های تنوع (شانون، سیمپسون و هیل) می‌شود، در حالی‌که قرق بیشترین میزان غنا و تنوع گونه‌ای را نشان داد. افزون بر این، Fenetahun و همکاران (۵) در مراتع بورانا در اتیوپی گزارش کردند که قرق کوتاه‌مدت نسبت به قرق بلندمدت افزایش بیشتری در شاخص شانون ایجاد کرده است، هرچند ظرفیت چرا در قرق‌های بلندمدت بالاتر بوده است؛ یافته‌ای که اهمیت مدت‌زمان قرق در مدیریت مراتع را برجسته می‌سازد. همچنین Rostampour و همکاران (۲۲)، اثر سه سطح چرای سبک، متوسط و سنگین بر پوشش، تراکم، تنوع و الگوی توزیع وفور گونه‌ای مراتع شهرستان سریش، خراسان جنوبی بررسی کردند. نتایج آزمون کروسکال-والیس نشان داد که شدت چرا اثر معنی‌داری بر متغیرهای مورد مطالعه نداشت ($P \geq 0.05$) هرچند مرتع با چرای سبک از نظر درصد پوشش و تراکم گیاهی وضعیت بهتری داشت.

تنوع زیستی از بنیادی‌ترین مفاهیم در بوم‌شناسی و حفاظت محیط‌زیست است که در سه سطح ژن، گونه و اکوسیستم بررسی می‌شود (۱۷). در مطالعات پوشش گیاهی و ارزیابی‌های زیست‌محیطی، تنوع گیاهی به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی در سنجش وضعیت اکوسیستم و ارزیابی کارآمدی راهبردهای مدیریتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴). از این‌رو، حفظ و ارتقای تنوع زیستی یکی از اهداف اصلی مدیریت پایدار منابع طبیعی در اکوسیستم‌های طبیعی به شمار می‌آید (۱۶).

گام اساسی در حفاظت از تنوع گونه‌ای، سنجش و کمی‌سازی آن است. تاکنون شاخص‌های متعددی برای اندازه‌گیری تنوع ارائه شده‌اند (۱۷). در میان شاخص‌های عددی، آن دسته که غنای گونه‌ای (تعداد کل گونه‌ها) و یکنواختی (نحوه توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها) را در قالب یک مقدار واحد ترکیب می‌کنند، بیشترین کاربرد را در مطالعات اکولوژیک دارند (۴). استفاده از این شاخص‌ها امکان مقایسه دقیق‌تر وضعیت جوامع گیاهی تحت تیمارهای مدیریتی مختلف، از جمله قرق و چرای کنترل‌شده، را فراهم می‌سازد.

۲. مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در بخشی از مراتع تحت چرای روستای شاهرخت، حدود ۱۵ کیلومتری شهر حاجی آباد، مرکز شهرستان زیرکوه در استان خراسان جنوبی انجام شد. براساس آثار تخریب ناشی از چرای دام و تراکم هجوم علف های مهاجم، شدت چرا به طور متوسط تشخیص داده شد. همچنین در مجاورت این مرتع، قطعه ای به مدت حداقل ۳۰ سال به عنوان قرق در نظر گرفته شده است.

روش نمونه برداری

به منظور بررسی تأثیر قرق بر مؤلفه های تنوع زیستی گیاهان مرتعی، نمونه برداری در دو منطقه تحت چرا و قرق (با حداقل ۳۰ سال قرق) انجام شد. نمونه برداری در اواخر بهار (خرداد ماه ۱۴۰۴) همزمان با اوج رشد رویشی گونه های مرتعی انجام شد. در هر یک از مناطق تحت چرا و قرق، ۶۰ پلات ۴ مترمربعی (۲ × ۲ متر) به صورت تصادفی-سیستماتیک در امتداد ۳ ترانسکت ۱۰۰ متری مستقر گردید. انتخاب اندازه ۴ مترمربعی بر اساس مطالعات پیشین (۲۱) و با توجه به فرم رویشی غالب گونه ها (بوته ای و علفی) صورت گرفت. تعداد ۶۰ پلات در هر منطقه برای دستیابی به برآوردهای پایدار از شاخص های تنوع و امکان مقایسه آماری بین مناطق کافی تشخیص داده شد. در هر پلات، تعداد پایه های متعلق به هر گونه گیاهی شمارش و ثبت گردید. گونه های گیاهی بر اساس نام علمی آنها شناسایی و کدگذاری شدند.

تهیه ماتریس داده ها

داده های خام حاصل از شمارش پلات ها در نرم افزار Excel وارد و ماتریس اولیه داده ها به صورت جدولی تهیه شد. در این ماتریس، سطرها (rows) معرف مناطق نمونه برداری (چرا و قرق) و ستون ها (columns) معرف گونه های گیاهی بودند. سلول ها نیز حاوی فراوانی (تعداد پایه) هر گونه در هر منطقه بودند. ساختار داده ها به صورت زیر بود:

	Ac.mu	Ac.sp	As.ca	Al.ma	Al.mu	An.sp	Ar.sc	Ar.si	Av.sa	Br.te	Ca.hu
Grazing	0	0	0	1	109	1	1	151	11	916	60
Enclosure	1	1	2	0	0	2	0	87	0	841	0
	Ca.sp	Ce.ar	Co.er	Ec.ad	Do.am	Eu.sp	Gu.th	Ko.pr	He.sp	Hy.of	La.ac
Grazing	9	12	1	0	4	4	7	1	0	0	1
Enclosure	3	0	0	1	1	2	2	0	1	1	1
	La.or	On.ac	Or.sp	Pe.ol	Ma.of	Pa.ar	Po.bi	Po.bu	Sa.ka	Tr.te	Zi.te
Grazing	1	0	0	0	5	2	1	1601	1	1	3
Enclosure	0	1	1	2	0	0	1	60	40	0	1

تجزیه و تحلیل آماری

تمام تحلیل های آماری در محیط نرم افزار R (نسخه ۴,۳,۲) با استفاده از بسته تخصصی tabula (نسخه ۳,۳,۲) انجام گرفت (۲۰, ۷). مراحل تحلیل به شرح زیر بود:

نصب و فراخوانی بسته ها

ابتدا در محیط R، آخرین نسخه بسته tabula از سایت CRAN به نشانی <https://cran.r-project.org> با استفاده از دستور زیر، دانلود و نصب شد.

```
install.packages("tabula")
```

فراخوانی بسته و راهنمای بسته

برای فراخوانی و راهنمای توابع و داده‌های بسته، از دستور زیر استفاده شد.

```
Library (tabula)
Help (tabula)
```

ورود داده‌ها

داده‌های آماده‌شده در Excel با فرمت txt ذخیره و با استفاده از تابع read.table به محیط R وارد شدند:

```
data <- read.table (file.choose (), header = TRUE, row.names = 1)
```

بررسی داده‌ها

سپس ساختار داده‌ها با توابع print, class و str بررسی گردید.

```
Print (data)
Class (data)
Str (data)
```

محاسبه شاخص‌های تنوع آلفا

شاخص‌های مختلف تنوع آلفا شامل غنای گونه‌ای، تنوع، یکنواختی و غالبیت با استفاده از توابع زیر محاسبه شدند:

- **غنای گونه‌ای** (Species Richness): شاخص‌های ناپارامتریک شامل تعداد گونه (S)، مارگالف (Margalef) و منهینیک (Menhinick) با تابع richness محاسبه گردیدند. همچنین برآوردهای پارامتریک غنا شامل چائو ۱ (Chao1) و ACE با تابع composition به دست آمدند.

```
richness(data, method = c ("count", "margalef", "menhinick"))
composition (data, method = c ("chao1", "ace", "chao2", "ice"), unbiased = FALSE, improved = FALSE, k = 10)
```

- **ناهمگنی** (Heterogeneity): شاخص‌های تنوع شامل شانون-وینر (Shannon-Wiener)، سیمپسون (Simpson)، بریلوئین (Brillouin) و مک‌ایناتش (McIntosh) با تابع heterogeneity محاسبه شدند.

```
Heterogeneity (data,method = c ("berger", "boone", "brillouin", "mcintosh", "shannon", "simpson"))
```

- **یکنواختی** (Evenness): یکنواختی مربوط به هر یک از شاخص‌های تنوع با تابع evenness محاسبه گردید.

```
Evenness (data, method = c ("shannon", "brillouin", "mcintosh", "simpson"))
```

برآورد اریبی و خطای شاخص‌ها با روش‌های بازنمونه‌گیری

به منظور برآورد دقیق‌تر شاخص شانون-وینر و ارزیابی پایداری آن، از روش‌های بوت‌استرپ (bootstrap) و جک‌نایف (jackknife) استفاده شد:

```
h <- heterogeneity (data, method = "shannon")
bootstrap (h, f = summary)
jackknife (h)
```

همچنین معنی‌داری تفاوت شاخص‌های شانون و سیمپسون بین دو منطقه با آزمون‌های مشابه مورد بررسی قرار گرفت:

```
test_shannon (data)
test_simpson (data)
```

محاسبه شاخص‌های تنوع بتا

برای ارزیابی میزان تغییر و جایگزینی گونه‌ها (turnover) بین دو منطقه، شاخص‌های تنوع بتا شامل ویتاکر (Whittaker)، کدی (Cody)، روتلج (Routledge 1, 2, 3) و ویلسون-شمیدا (Wilson-Shmida) با تابع turnover محاسبه شدند:

```
Turnover (data, method = c ("whittaker", "cody", "routledge1", "routledge2", "routledge3", "wilson"))
```

محاسبه ضرایب تشابه و عدم تشابه

به منظور سنجش میزان شباهت ترکیب گونه‌ای بین دو منطقه، ضرایب تشابه جاکارد (Jaccard)، سورنسون (Sørensen)، برای-کورتیس (Bray-Curtis) و موریسیتا (Morisita) با تابع similarity محاسبه گردیدند:

Similarity (data, method = c ("brainerd", "bray", "jaccard", "morisita", "sorensen", "binomial"))

تحلیل جزء نادر (Rarefaction)

با توجه به تفاوت در تعداد کل پایه های شمارش شده بین دو منطقه، از تحلیل جزء نادر (ریرفکشن) برای استانداردسازی مقایسه غنای گونه ای استفاده شد. منحنی نادر سازی با روش هرلبرت (۹) برای اندازه نمونه ۶۰ پلات ترسیم گردید:

Occurrence (data)

مصور سازی داده ها

به منظور نمایش الگوهای فراوانی و هم باشی گونه ها، از نمودارهای زیر استفاده شد:

- نمودار نقطه ای فراوانی (Spot plot): برای نمایش فراوانی گونه ها در هر منطقه با تابع plot_spot

- نمودار هم باشی (Co-occurrence plot): برای نمایش الگوهای هم رخدادی گونه ها با تابع occurrence

plot_spot(data)

rare <- rarefaction(data, sample = 60, method = "hurlbert")

plot(rare)

۳. نتایج

به منظور بررسی تأثیر قرق بر جوامع گیاهی منطقه، مؤلفه های مختلف تنوع زیستی شامل غنای گونه ای، یکنواختی، تنوع و غالبیت در دو منطقه تحت چرا و قرق محاسبه و مقایسه گردید. نتایج این مقایسه در جدول (۱) ارائه شده است.

نتایج نشان داد که منطقه تحت چرا با وجود تعداد پایه های بیشتر (۲۹۶۰ پایه)، از تعداد گونه های بالاتری (۲۵ گونه) نسبت به منطقه قرق (۲۲ گونه) برخوردار بود. شاخص های غنای مارگالف و منهینیک تفاوت چشمگیری بین دو منطقه نشان ندادند. با این حال، برآوردگر چائو ۱ در منطقه تحت چرا (۷۴/۹۸) بسیار بیشتر از منطقه قرق (۳۴/۰۹) بود که حاکی از پتانسیل بالاتر برای گونه های مشاهده نشده در منطقه تحت چرا می باشد.

شاخص های تنوع شانون-وینر (۱/۲۶ در مقابل ۰/۹۰)، بریلوئین (۱/۲۵ در مقابل ۰/۸۹) و مک اینتاش (۰/۳۸ در مقابل ۰/۲۱) همگی مقادیر بالاتری را در منطقه تحت چرا نسبت به منطقه قرق نشان دادند. همچنین، یکنواختی توزیع افراد بین گونه ها در منطقه تحت چرا بیشتر از منطقه قرق بود که توسط تمامی شاخص های یکنواختی تأیید می شود.

در مقابل، شاخص های غالبیت سیمپسون (۰/۳۹ در مقابل ۰/۶۳) و برگر-پارکر (۰/۵۴ در مقابل ۰/۷۸) نشان دادند که منطقه قرق از غالبیت بالاتری برخوردار است، به این معنا که تعداد کمی از گونه ها سهم عمده ای از فراوانی کل را به خود اختصاص داده اند.

برای بررسی معنی داری تفاوت در بسته tabula، فقط امکان آزمون برای شاخص شانون-وینر و سیمپسون بود. نتایج نشان داد که این اختلاف در سطح ۰/۰۱ معنی دار است.

جدول ۱. مقادیر مؤلفه های تنوع زیستی در دو مرتع تحت چرا و قرق در منطقه مورد مطالعه

شاخص	مرتع تحت چرا	مرتع قرق
تعداد گونه (S)	۲۵	۲۲
تعداد پایه	۲۹۶۰	۱۰۷۱
مارگالف	۳	۳/۰۱
منهینیک	۰/۴۶	۰/۶۷
چائو ۱	۷۴/۹۸	۳۴/۰۹
ACE	۴۸/۶۵	۴۹/۴۳
تنوع شانون-وینر	۱/۲۶	۰/۹۰
یکنواختی شانون-وینر	۰/۳۹	۰/۲۹
تنوع بریلوئین	۱/۲۵	۰/۸۹
یکنواختی بریلوئین	۰/۳۹	۰/۲۹

تنوع مکینتاش	۰/۳۸	۰/۲۱
یکنواختی مکینتاش	۰/۴۷	۰/۲۶
تنوع سیمپسون	۰/۱۰	۰/۰۷
یکنواختی سیمپسون	۰/۱۰	۰/۰۷
غالبیت سیمپسون	۰/۳۹	۰/۶۳
غالبیت برگر-پارکر	۰/۵۴	۰/۷۸

برای ارزیابی پایایی شاخص تنوع شانون-وینر و برآورد دقیق‌تر آن، از روش بوت‌استرپ (bootstrap) با ۱۰۰۰ تکرار استفاده شد. نتایج این تحلیل در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس یافته‌ها، منطقه تحت چرا دارای شاخص تنوع شانون-وینر بالاتری (۱/۲۶) نسبت به منطقه قرق (۰/۹۰) بود. پس از اعمال روش بوت‌استرپ، میانگین برآورد شده برای منطقه تحت چرا به ۱/۴۱ و برای منطقه قرق به ۱/۳۵ افزایش یافت. میزان اریبی (bias) برای منطقه تحت چرا ۰/۱۵ و برای منطقه قرق ۰/۴۵ محاسبه شد که نشان‌دهنده اریبی مثبت در هر دو منطقه است. خطای استاندارد (error) برای منطقه تحت چرا ۰/۳۸ و برای منطقه قرق ۰/۵۰ به دست آمد.

نتایج بوت‌استرپ نشان می‌دهد که اگرچه برآورد اولیه تنوع در منطقه قرق پایین‌تر است، اما پس از تصحیح با روش بوت‌استرپ، فاصله بین دو منطقه کاهش می‌یابد. با این حال، خطای استاندارد بالاتر در منطقه قرق (۰/۵۰) نشان‌دهنده عدم قطعیت بیشتر در برآورد تنوع این منطقه است.

جدول ۲. مقادیر شاخص تنوع شانون-وینر به روش بوت‌استرپ در دو مرتع تحت چرا و قرق در منطقه مورد مطالعه

نوع مرتع	برآورد اولیه	میانگین	اریبی	خطای استاندارد
تحت چرا	۱/۲۶	۱/۴۱	۰/۱۵	۰/۳۸
قرق	۰/۹۰	۱/۳۵	۰/۴۵	۰/۵۰

مقادیر بر اساس روش بوت‌استرپ با ۱۰۰۰ تکرار محاسبه شده است. اریبی مثبت نشان‌دهنده افزایش میانگین برآوردها نسبت به برآورد اولیه است.

برای مقایسه تنوع گونه‌ای بین دو منطقه چرا شده و قرق شده، شاخص تنوع شانون-وینر با استفاده از روش جک‌نایف (jackknife) برآورد گردید. نتایج این تحلیل در جدول (۳) ارائه شده است.

بر اساس یافته‌ها، منطقه تحت چرا دارای شاخص تنوع شانون-وینر بالاتری (۱/۲۶) نسبت به منطقه قرق (۰/۹۰) بود. با این حال، پس از اعمال روش جک‌نایف برای کاهش اریبی، میانگین برآورد شده برای منطقه تحت چرا ۱/۲۴ و برای منطقه قرق ۰/۹۰ به دست آمد. میزان اریبی (bias) برای منطقه تحت چرا ۰/۸۶- و برای منطقه قرق ۰/۰۹ محاسبه شد که نشان‌دهنده تصحیح قابل توجه برآورد در منطقه تحت چرا است. خطای استاندارد (error) برای منطقه تحت چرا ۰/۳۶ و برای منطقه قرق ۰/۹۰ بود. این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه برآورد اولیه تنوع در منطقه چرا شده بیشتر به نظر می‌رسد، اما پس از تصحیح با روش جک‌نایف، این تفاوت تعدیل می‌شود. با این حال، برای اظهار نظر قطعی در مورد معناداری تفاوت بین دو منطقه، نیاز به انجام آزمون‌های آماری تکمیلی است.

جدول ۳. مقادیر شاخص تنوع شانون-وینر به روش جک‌نایف در دو مرتع تحت چرا و قرق در منطقه مورد مطالعه

نوع مرتع	برآورد اولیه	میانگین	اریبی	خطای استاندارد
تحت چرا	۱/۲۶	۱/۲۴	-۰/۸۶	۰/۳۶
قرق	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۰۹	۰/۹۰

به منظور کمی‌سازی تفاوت‌های ترکیب گونه‌ای بین جوامع گیاهی در طول نمونه‌برداری، از ضرایب عدم تشابه و شاخص‌های مختلف تنوع بتا استفاده گردید. نتایج این تحلیل در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج حاصل از محاسبه ضرایب عدم تشابه نشان داد که کمترین میزان عدم تشابه مربوط به ضریب جاکارد (۰/۳۸) و بیشترین مربوط به ضریب سورنسون (۰/۵۵) بود. ضریب برای-

کورتیس (۰/۵۱) و موریسیتا (۰/۵۴) مقادیر متوسطی از عدم تشابه را نشان دادند. در میان شاخص های تنوع بتا، شاخص کدی با مقدار ۱۰/۵ بالاترین میزان جایگزینی گونه ها را نشان داد. شاخص های ویتاکر (۰/۴۵) و ویلسون-شمیدا (۰/۴۵) مقادیر مشابهی داشتند. شاخص های روتلج مقادیر متفاوتی را نشان دادند که بالاترین آن مربوط به روتلج ۳ (۱/۳۶) بود.

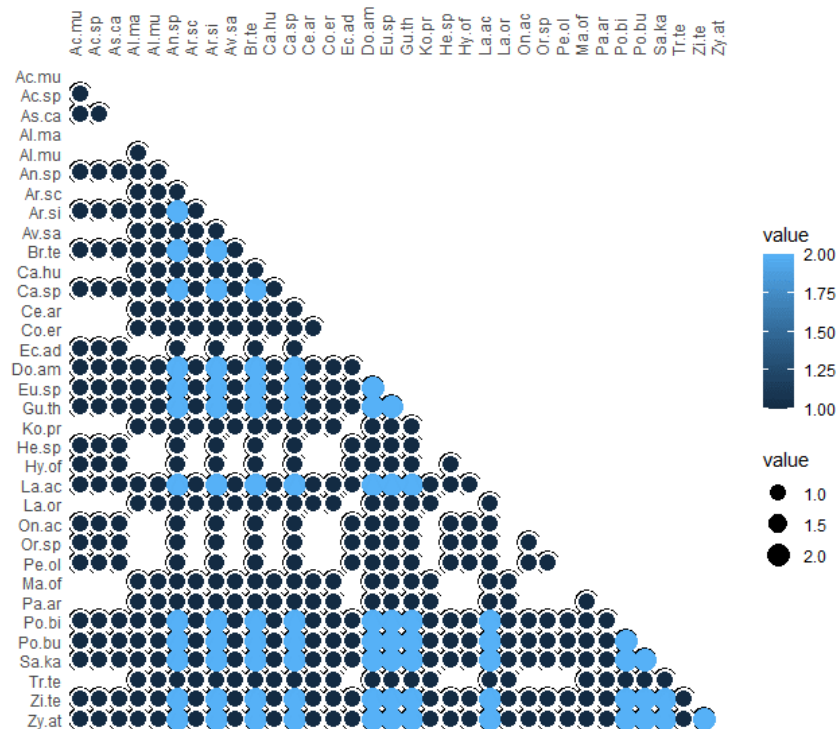
جدول ۴. مقادیر ضرایب عدم تشابه و تنوع بتا در طول نمونه برداری

تنوع بتا					عدم تشابه				
ولیسون-شمیدا	روتلج ۳	روتلج ۲	روتلج ۱	کدی	ویتاکر	موریسیتا	برای-کورتیس	سورنسون	جاکارد
۰/۴۵	۱/۳۶	۰/۳۰	۰/۲۳	۱۰/۵	۰/۴۵	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۳۸

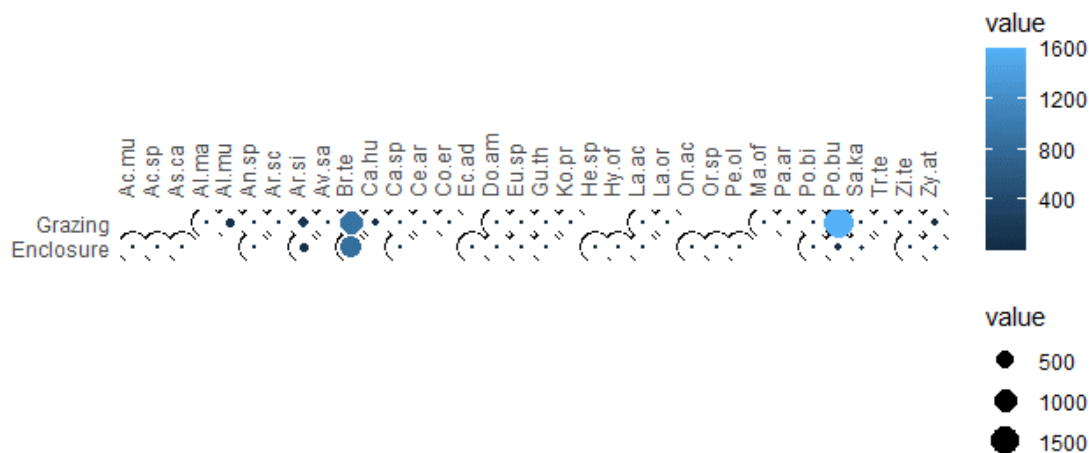
ضرایب عدم تشابه بر اساس داده های حضور/عدم حضور یا فراوانی گونه ها محاسبه شده اند. مقادیر نزدیک به ۱ نشان دهنده عدم تشابه بیشتر و مقادیر نزدیک به ۰ نشان دهنده تشابه بیشتر بین جوامع است. برای شاخص کدی (β_c)، مقادیر بالاتر بیانگر نرخ بالاتر جایگزینی گونه ها می باشد.

میزان همبازی گونه ها

به منظور بررسی الگوهای همبازی (co-occurrence) گونه ها، ماتریس همبازی به صورت نیمه ماتریس (semi-matrix) ترسیم شد. در این نمایش، دایره های آبی رنگ بیانگر همبازی مثبت و قوی تر بین جفت گونه ها هستند. نتایج نشان داد که گونه فیچ (*Zygophyllum atriplicoides*) بیشترین میزان همبازی را با گونه های درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) و چمن پیازدار (*Poa bulbosa*) در پلات های مورد مطالعه دارد (شکل ۱).

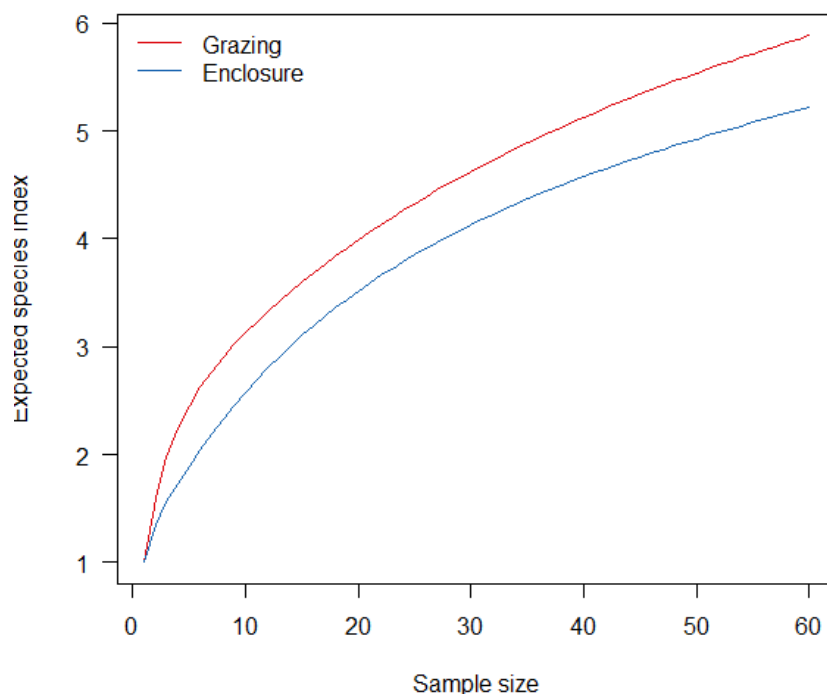


شکل ۱. نیمه ماتریس همبازی گونه های گیاهی در منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. نمودار نقطه ای فراوانی گونه های گیاهی در منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی تأثیر قرق بر غنای گونه‌ای، از تحلیل جزء نادر (rarefaction) با روش هرلبرت (Hurlbert, 1971) استفاده شد. نتایج نشان داد که مرتع تحت چرا از غنای گونه‌ای بالاتری نسبت به مرتع قرق شده برخوردار بود (شکل ۱).



شکل ۳. منحنی‌های ررفکشن (جزء نادر) مقایسه‌کننده غنای گونه‌ای بین مراتع تحت چرا و مراتع قرق شده

۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که به جز شاخص‌های غالبیت گونه‌ای، سایر شاخص‌های تنوع زیستی در مرتع تحت چرا مقادیر بالاتری نسبت به مرتع قرق داشتند. این یافته در نگاه نخست ممکن است با این تصور رایج که قرق، به‌ویژه در بلندمدت، همواره موجب افزایش تنوع گونه‌ای می‌شود در تعارض به نظر برسد. با این حال، مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که اثر قرق بر تنوع زیستی همواره خطی و مثبت نبوده و به شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی، نوع تیپ گیاهی، مدت زمان قرق و شدت تخریب اولیه قرار دارد. برای مثال، Willms و همکاران (۲۵) در علفزارهای مختلط کانادا گزارش کردند که پس از ۷۰ سال قرق، تنوع گونه‌ای

در عرصه قرق کمتر از عرصه تحت چرا بود. همچنین Zhang و همکاران (۲۶) در چمنزارهای آلپی چین نشان دادند که قرق ۵ و ۷ ساله موجب کاهش غنای گونه‌ای شده است. این نتایج در کنار یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که حذف کامل چرا می‌تواند در برخی شرایط منجر به افزایش رقابت درون گونه‌ای یا برون گونه‌ای و در نهایت کاهش تعداد گونه‌های همزیست گردد. بررسی ضرایب تشابه (جارکارد، سورنسن، برای-کورتیس و مورسیتا) بیانگر آن بود که حدود ۳۸ تا ۵۵ درصد ترکیب گونه‌ای بین دو مرتع مشابه است؛ بدین معنا که بخش قابل توجهی از گونه‌ها مشترک‌اند، اما تفاوت ساختاری محسوسی نیز وجود دارد. مقادیر تنوع بتا که معکوس ضرایب تشابه محسوب می‌شوند، نشان دادند که بین ۲۳ تا ۴۵ درصد گونه‌ها در طول گرادیان چرا تغییر می‌کنند. این میزان جایگزینی گونه‌ای بیانگر آن است که چرا و قرق هر یک مسیر متفاوتی را در سازمان‌یابی جامعه گیاهی ایجاد می‌کنند. شاخص کدی (۱۰/۵) نشان‌دهنده نرخ بالای جایگزینی گونه‌ها در طول گرادیان نمونه‌برداری است، در حالی که مقدار پایین‌تر شاخص ویتاکر (۰/۴۵) بیانگر حساسیت متفاوت این شاخص‌ها به مؤلفه‌های غنا و یکنواختی است. در مجموع، نتایج تنوع بتا حاکی از تغییر متوسط تا نسبتاً زیاد در ترکیب گونه‌ای دو تیمار مدیریتی است.

از نظر ساختار جامعه، مقدار بالای شاخص غالبیت برگ-پارکر در منطقه قرق (۰/۷۸) نشان می‌دهد که سهم گونه‌های غالب در این منطقه بیشتر است. این موضوع می‌تواند ناشی از حذف فشار چرا و در نتیجه برتری رقابتی گونه‌های قوی‌تر باشد که در غیاب دام فرصت گسترش بیشتری یافته‌اند. در مقابل، در مرتع تحت چرا، اگرچه تعداد گونه‌ها بیشتر بود، اما توزیع فراوانی میان گونه‌ها متعادل‌تر به نظر می‌رسد. چنین الگویی با نظریه «اختلال میانی» همخوانی دارد که بر اساس آن، سطوح متوسطی از اختلال (نظیر چرای کنترل‌شده) می‌تواند با جلوگیری از سلطه کامل گونه‌های رقابت‌گر، به افزایش تنوع کمک کند (۸).

تحلیل فراوانی گونه‌ها نیز نکات قابل توجهی را آشکار ساخت. گونه جوموشی (*Bromus tectorum*) در هر دو تیمار به عنوان فراوان‌ترین گونه شناخته شد و اگرچه در قرق اندکی کاهش فراوانی نشان داد (۸۴۱ در مقابل ۹۱۶ پایه)، اما همچنان نقش غالب خود را حفظ کرد. این امر بیانگر دامنه بوم‌شناختی وسیع و توان سازگاری بالای این گونه با شرایط مدیریتی متفاوت است. در مقابل، گونه چمن پیازدار (*Poa bulbosa*) کاهش چشمگیری در شرایط قرق نشان داد (از ۱۶۰۱ پایه در مرتع تحت چرا به ۶۰ پایه در قرق؛ $P < ۰/۰۵$). این کاهش می‌تواند بیانگر وابستگی این گونه به شرایط حاصل از چرا، از جمله کاهش رقابت، آشفستگی سطح خاک یا حذف گونه‌های بلندتر باشد. چنین پاسخی در بسیاری از گونه‌های علفی کوتاه‌زی و فرصت‌طلب مشاهده شده است که از اختلال‌های خفیف سود می‌برند (۸).

مرور منابع نشان می‌دهد که اثرات قرق بر پوشش گیاهی و تنوع گونه‌ای نتایج متفاوتی داشته است. برای نمونه، Wang و همکاران (۲۴) در فلات تبت افزایش معنی‌دار تنوع و زی‌توده را پس از پنج سال قرق گزارش کردند، در حالی که Fenetahun و همکاران (۵) نشان دادند که قرق کوتاه‌مدت تأثیر بیشتری بر شاخص شانون نسبت به قرق بلندمدت داشته است. همچنین Dalle (۳) تنوع بالاتر را در اراضی محصورشده نسبت به مراتع آزاد گزارش کرد. Song و همکاران (۲۳) اثرات قرق کوتاه‌مدت (۲ و ۴ سال) و بلندمدت (۹ و ۱۱ سال) را بر مراتع آلپی فلات تبت-چینگهای بررسی کردند. نتایج نشان داد قرق کوتاه‌مدت تأثیری بر تنوع گیاهی نداشت، اما قرق بلندمدت باعث کاهش غنای گونه‌ای (به‌ویژه گونه‌های معمول) و افزایش غالبیت سیمپسون شد. همچنین ناهمگنی جامعه در قرق بلندمدت افزایش یافت که عمدتاً ناشی از کاهش تنوع گونه‌ای بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد اثرات قرق به مدت زمان آن وابسته است و چرا ممکن است به حفظ تنوع زیستی و پایداری جامعه در این محیط خشن کمک کند.

در مقابل، برخی مطالعات در ایران نشان داده‌اند که قرق طولانی‌مدت می‌تواند موجب کاهش تنوع و یکنواختی گردد و چرای مدیریت‌شده نتایج مطلوب‌تری ایجاد کند (۱۰، ۱۲). بنابراین، به نظر می‌رسد که مدت زمان قرق، شدت تخریب اولیه و شرایط اقلیمی تعیین‌کننده مسیر تغییرات جامعه گیاهی هستند؛ چنان‌که Louhaichi و همکاران (۱۵) نیز تأکید می‌کنند که اثربخشی قرق به نوع اکوسیستم وابسته است.

از منظر روش‌شناختی، نتایج این پژوهش نشان داد که بسته آماری *tabula* در محیط R ابزاری کارآمد برای تحلیل داده‌های جامعه‌شناسی گیاهی است (۶). این بسته افزون بر محاسبه شاخص‌های تنوع آلفا و بتا (غنا، تنوع، یکنواختی و غالبیت) به روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک، امکان محاسبه شاخص‌های فاصله و تشابه و نیز انجام آزمون آماری برای مقایسه شاخص شانون را فراهم می‌کند. علاوه بر این، توابع *bootstrap*، *jackknife* و *simulate* قابلیت ارزیابی پایداری و اطمینان‌پذیری برآوردها را ایجاد

می‌کنند. bootstrap با شبیه‌سازی توزیع نمونه‌گیری، خطای استاندارد و فواصل اطمینان شاخص‌ها را برآورد می‌کند؛ jackknife با حذف متوالی داده‌ها، سوگیری و واریانس تخمین‌ها را می‌سنجد؛ و simulate با تولید داده‌های تصادفی، امکان آزمون مدل صفر را برای بررسی معنی‌داری الگوهای مشاهده‌شده فراهم می‌سازد. چنین قابلیت‌هایی دقت استنباط‌های اکولوژیک را افزایش می‌دهد (۷).

در جمع‌بندی می‌توان گفت که اگرچه قرق به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای احیای مراتع تخریب‌شده شناخته می‌شود (۱)، اما اثر آن بر تنوع گونه‌ای الزاماً مثبت و یکنواخت نیست. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه، چرای مدیریت‌شده توانسته است تنوع گونه‌ای بالاتری نسبت به قرق ایجاد کند، هرچند قرق موجب افزایش غالبیت برخی گونه‌ها و تغییر در ساختار جامعه شده است. بنابراین، به‌جای اتکای صرف بر حذف کامل چرا، اتخاذ رویکردی بوم‌محور و تطبیقی که شدت و زمان چرای دام را متناسب با ظرفیت اکولوژیک مرتع تنظیم کند، می‌تواند راهبردی مؤثرتر در دستیابی همزمان به اهداف تولیدی و حفاظتی باشد.

منابع

1. Azarnivand, H., & Zare Chahoki, M. A. (2012). Range Improvement. University of Tehran Press. (In Persian)
2. Bader, M., & Leuzinger, S. (2024). R-ticulate: A beginner's guide to data analysis for natural scientists. Wiley.
3. Dalle, G. (2020). Comparative study of species diversity in different land use units of the Borana lowlands, Southern Oromia, Ethiopia. *Journal of Rangeland Science*, 10 (3), 328-340.
4. Ejtehadi, H., Sepehri, A., & Akefi, H. R. (2009). Methods of measuring biodiversity. Ferdowsi University of Mashhad Publications. (In Persian)
5. Fenetahun, Y., Yuan, Y., Xinwen, X., & Yongdong, W. (2021). Effects of grazing enclosures on species diversity, phenology, biomass, and carrying capacity in Borana rangeland, Southern Ethiopia. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 623627. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.623627>
6. Frerebeau, N. (2019). tabula: An R package for analysis, seriation, and visualization of archaeological count data. *Journal of Open Source Software*, 4(44), 1821. <https://doi.org/10.21105/joss.01821>
7. Frerebeau, N. (2025). tabula: Analysis and visualization of archaeological count data (R package version 3.3.2). Université Bordeaux Montaigne. <https://packages.tesselle.org/tabula/>
8. Gamoun, M., Patton, B., & Hanchi, B. (2015). Assessment of vegetation response to grazing management in arid rangelands of southern Tunisia. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11, 106-113.
9. Hurlbert, S. H. (1971). The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology*, 52, 577-586.
10. Jouri, M. H., Patil, D., Gavali, R. S., Safaian, N., & Askarizadeh, D. (2010). Assessment of health conditions of mountain rangeland ecosystem using species diversity and richness indices, case study: Central Alborz (Iran). *Journal of Rangeland Science*, 2(1), 341-354.
11. Karami, P., Bandak, I., & Gorgin Karaji, M. (2019). Comparing the effects of continuous grazing and long term exclosure on floristic composition and plant diversity in rangeland ecosystems of Saral, Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-8.
12. Kazemi, S. M., Karimzadeh, H. R., Tarkesh Esfahani, M., & Bashari, H. (2019). Effects of thirty-three years exclusion on diversity, richness and evenness indices in semi-steppe rangelands of Semirom-Isfahan (Case study: Hanna area). *Rangeland*, 12(4), 452-463. (In Persian)
13. Li, Y., Fan, J., & Yu, H. (2019). Grazing exclusion, a choice between biomass growth and species diversity maintenance in Beijing-Tianjin Sand Source Control Project. *Sustainability*, 11(7), 1941. <https://doi.org/10.3390/su11071941>
14. Liao, H., Tuvshintogtokh, I., Guo, T., & Zhao, J. (2020). Effects of grazing exclusion on the vegetation community composition and the community stability of dry steppe and mountain

- steppe ecosystems in Mongolia. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 56(3), 471-478.
15. Louhaichi, M., Gamoun, M., Ben Salem, F., & Ouled Belgacem, A. (2021). Rangeland biodiversity and climate variability: Supporting the need for flexible grazing management. *Sustainability*, 13(13), 7124.
 16. Magurran, A. E. (2013). *Measuring biological diversity*. John Wiley & Sons.
 17. Magurran, A. E., & McGill, B. J. (Eds.). (2011). *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press.
 18. Mesdaghi, M. (2014). *Plant ecology*. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian)
 19. Navarro, D. (2019). *Learning statistics with R: A tutorial for psychology students and other beginners (Version 0.6.1) [Bookdown translation by E. Kothe]*.
 20. R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
 21. Rostampour, M. (2022). Final report of project of rangeland ecosystems monitoring in different climatic regions of Iran, South Khorasan Province, Zirkouh Site. Research Institute of Forests and Rangelands. (In Persian)
 22. Rostampour, M., Yari, R., & Mirmiran, S. M. (2022). The effect of livestock grazing intensity on the frequency distribution pattern and species abundance of rangelands in Sarbisheh, South Khorasan. *Water and Soil Management and Modelling*, 3(2), 198-216. <https://doi.org/10.22098/mmws.2022.11750.1165> (In Persian)
 23. Song, S., Zhu, J., Zheng, T., Tang, Z., Zhang, F., Ji, C., Shen, Z., & Zhu, J. (2020). Long-term grazing exclusion reduces species diversity but increases community heterogeneity in an alpine grassland. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 66.
 24. Wang, S., Fan, J., Li, Y., & Huang, L. (2019). Effects of grazing exclusion on biomass growth and species diversity among various grassland types of the Tibetan Plateau. *Sustainability*, 11(6), 1705. <https://doi.org/10.3390/su11061705>
 25. Willms, W. D., Dormaar, J. F., Adams, B. W., & Douwes, H. E. (2002). Response of the mixed prairie to protection from grazing. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 55(3), 210-216.
 26. Zhang, Y., Gao, Q., Ganjurjav, H., Dong, S., Zheng, Q., Ma, Y., & Liang, K. (2021). Grazing exclusion changed the complexity and keystone species of alpine meadows on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 638157.

Assessment of Biodiversity Components and Plant Species Co-occurrence Patterns in Enclosed and Grazed Rangelands Using the tabula Package in R (Case Study: Zirkouh, South Khorasan)

Moslem Rostampour*¹

1. Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management and Research Group of Drought and Climate Change, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran. Email: rostampour@birjand.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Full Paper

2026; Vol 1, Issue 1

Article History:
Received: 29.09.2025
Revised: 09.02.2026
Accepted: 21.02.2026

Keywords:
Arid rangelands
Biodiversity
Enclosure
R

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the efficiency of the "tabula" package in R for plant sociology studies and to assess the long-term effects of grazing exclusion on biodiversity components in rangelands of Zirkouh, South Khorasan Province. Sampling was conducted in grazed and enclosed (≥ 30 years) areas by establishing 60 plots of 4 m² using a randomized-systematic method along transects. Alpha diversity indices, beta diversity indices, and similarity coefficients were calculated using the tabula package. The results showed that despite higher basal density in the grazed area (2960 individuals), this area had higher species richness (25 species) compared to the enclosed area (22 species). The Shannon-Wiener (1.26 vs. 0.90), Brillouin (1.25 vs. 0.89), and McIntosh (0.38 vs. 0.21) diversity indices showed significantly higher values in the grazed area ($p < 0.01$). The Chao 1 estimator in the grazed area (74.98) was substantially higher than in the enclosed area (34.09), indicating greater potential for undetected species. In contrast, the Simpson (0.39 vs. 0.63) and Berger-Parker (0.54 vs. 0.78) dominance indices indicated higher dominance in the enclosed area. Resampling analyses confirmed the stability of estimates and showed positive bias in both areas. Cody's index with a value of 10.5 revealed a high rate of species replacement along the grazing gradient. *Bromus tectorum* was the most abundant species in both areas, while *Poa bulbosa* showed strong dependence on livestock presence, with its frequency drastically reduced under enclosure conditions. The tabula package demonstrated high efficiency in accurately calculating diversity indices, estimating bias and error through resampling methods, and visualizing patterns of species co-occurrence and abundance. This research showed that long-term grazing exclusion does not necessarily lead to increased species diversity, and designing management programs requires a flexible approach based on the region's ecological conditions.

Cite this article: Rostampour M. Assessment of Biodiversity Components and Plant Species Co-occurrence Patterns in Enclosed and Grazed Rangelands Using the tabula Package in R (Case Study: Zirkouh, South Khorasan). *Journal of New Research in Natural Resources sciences*, 2026, 1 (1): 34- 45.