

بررسی روابط بین جوامع گیاهی مختلف و عوامل محیطی در حوضه آبخیز گنبد، همدان

خدیدجه سالاری نیک^۱، قاسم اسدیان^۲ و محسن نائل^{۳*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۶)

چکیده

شناخت روابط بین گیاهان مرتعی و عوامل مؤثر بر استقرار و پایداری آنها برای مدیریت پایدار و احیاء عرصه‌های مرتعی ضروری است. بدین منظور حوضه آبخیز گنبد، به دلیل داشتن تنوع در پوشش گیاهی، شرایط محیطی و مدیریت چرا مطالعه شد. کل حوضه به واحدهای همگونی از نظر تیپ پوشش گیاهی و ویژگی‌های محیطی تفکیک شد. در هر واحد، ۳ الی ۴ قاب (۱×۱ متر مربع) مطالعه شد. ویژگی‌های زمین، کل تاج پوشش گیاهی و تاج پوشش پنج فرم رویشی (گندمیان یک‌ساله، گندمیان چندساله، پهن برگان یک‌ساله، پهن برگان چندساله و بوته‌ای) در هر قاب تعیین، و از گیاه و خاک سطحی (۱۵-۰ سانتی‌متر) در اوایل فصل پاییز ۱۳۹۱ نمونه‌برداری شد. با استفاده از روش TWINSpan، گونه‌های *Silen sp.*، *Centaurea virgate*، *Astragalus verus* و *Cousinia bijarensis* مانند گونه‌های معرف مشخص شدند. تحلیل DCA، کل حوضه را براساس گونه‌های گیاهی معرف، تولید گندمیان چندساله و ویژگی‌های محیطی از قبیل درصد شن، رس و جهت شیب به ۵ گروه اکولوژیک تفکیک کرد. براساس تحلیل گونه‌های شاخص، سه گروه مشخص گردید، که گونه‌های *Asteragalus gossypinus* (P=۰/۰۰۱)، *Taeniatherum crinitum* (P=۰/۰۰۲) و *Heteranthelium piliferum* (P=۰/۰۰۷) در تفکیک این گروه‌ها تأثیر داشتند. گونه‌های گیاهی *Silen sp.*، *Astragalus gossypinus*، *Centaurea virgat*، *Artemisa siberi* و *Festuca ovina* نشان‌دهنده شرایط اکولوژیک محیط کوهستانی، نیمه‌استپی و استپی است. عمق ریشه دوانی این گیاهان زیاد بوده که مقاومت آنها را به خشکی بیشتر می‌کند. بنابراین نتایج نشان می‌دهد شرایط اکولوژیک برای حضور گونه‌های چندساله که وابسته به خاک سبک با نیاز آبی کم‌اند، متناسب است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل دو طرفه گونه‌های معرف، تحلیل تطبیقی قوس‌گیر شده، تحلیل گونه‌های شاخص، تیپ پوشش گیاهی

۱. گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
۲. گروه مرتعداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: moh_nael@yahoo.com

مقدمه

رشد گیاه در رویشگاه‌های طبیعی حاصل کارکرد عوامل گوناگون زیستی از جمله اقلیم، خاک و توپوگرافی می‌باشد (۲۱). جوامع گیاهی همواره تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند، بنابراین با تغییر متغیرهای محیطی جوامع گیاهی نیز تغییر خواهد کرد (۱۳). عوامل مؤثر بر پراکنش گونه‌های گیاهی ممکن است تحت تأثیر عوامل درون‌زا یا برون‌زا یا هر دو عامل باشد. عوامل درون‌زا که ناشی از ویژگی‌های گیاه است در مقیاس‌های کوچکتر و عوامل برون‌زا (عوامل محیطی) در مقیاس‌های بزرگتر باعث پراکنش می‌شوند (۱۵ و ۲۶). مهمترین عوامل محیطی شامل عوامل اقلیمی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عوامل توپوگرافی هستند. از بین عوامل محیطی، خاک یکی از مهمترین عواملی است که در پراکنش و تراکم پوشش گیاهی نقش عمده‌ای دارد، که به‌نوعی برآیند اثر کلیه عوامل محیطی مؤثر می‌باشد (۳ و ۸).

گاچ (۱۹) بیان می‌کند که شناخت روابط بین گیاهان و عوامل محیطی جهت ثبات و پایداری اکوسیستم‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است. برای بررسی پوشش گیاهی و تأثیر عوامل محیطی بر روی آن روش‌های آماری متنوعی وجود دارد. یکی از روش‌های مطالعه روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی، رج‌بندی است. این روش یکی از روش‌های چند متغیره‌ای است که در تجزیه و تحلیل داده‌های اکولوژی پوشش گیاهی به‌کار می‌رود (۱۰). آنالیز دو طرفه گونه‌های شاخص (TWINSPAN) یک روش جدید با قابلیت تفکیک بهتر و ساده‌تر می‌باشد که در بسیاری از مطالعات محیطی استفاده شده است (۱۱ و ۲۵). این روش برای اکوسیستم‌های طبیعی و واحدهای اکولوژیک، هیدرولوژیک و زیرحوضه‌ها قابلیت استفاده دارد. تغییرات محیطی روی الگوی رویش هم در مقیاس‌های کوچک و هم در مقیاس‌های بزرگ تأثیر می‌گذارد و گیاهان کم و بیش این تغییرات را دریافت می‌کنند. در روش‌های جامعه‌شناسی واحد اندازه‌گیری و بررسی پوشش گیاهی قطعات نمونه با استفاده از سطح حداقل می‌باشد و لازمه بررسی جوامع گیاهی وجود

گردان‌های محیطی مشتمل بر خاک، اقلیم و شکل زمین می‌باشد که در حوضه گنبد نیز قابل رویت و مشاهده است.

تاکنون مطالعات بسیاری در زمینه بررسی اثر متقابل پوشش گیاهی و خاک انجام شده است. کویبدو و فرانسس (۲۹) با ارائه مدلی از روابط خاک و پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نشان دادند که تغییرات پوشش گیاهی در این اکوسیستم‌ها در نتیجه ارتباطات پیچیده بین عناصر خاک و اقلیم و تغییر در رطوبت خاک شکل می‌گیرد. لو و همکاران (۲۴) روابط بین عوامل خاکی و پراکنش گونه‌ها را در اشکوب‌های درختچه‌ای و علفی مقایسه کردند. نتایج تحلیل گردان‌های مستقیم خاک، نشان داد که مقدار رطوبت خاک، ماده آلی و pH از مهم‌ترین عواملی بودند که پراکنش گونه‌ها را در هر دو اشکوب توجیه می‌کنند. نصراللهی (۱۴) در مطالعه‌ای بر روی ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک و پوشش گیاهی در منطقه وردآورد کرج، به این نتیجه رسید که عمق خاک بیشترین هم‌بستگی را با تیپ‌های گیاهی، و گونه *Artemisia sieberi* بیشترین هم‌بستگی را با عوامل خاکی دارد. زانگ و همکاران (۳۱) رج‌بندی SOFM (Self-Organizing Feature Map) را با متداول‌ترین روش‌های رج‌بندی DCA (Detrueded Correspondence Analysis) و PCA (Principal Component Analysis)، مقایسه کردند. نتایج SOFM، DCA و PCA عملکرد مطابقی داشتند، همبستگی معنی‌داری بین مقادیر ویژه محورها با ارتفاع، ماده آلی خاک، K، P، N و شیب وجود داشت. به عبارتی، این متغیرها در توسعه و استقرار جوامع گیاهی در این منطقه نقش مهمی داشتند. هاینس و همکاران (۲۰) در رج‌بندی گونه‌ها و متغیرهای محیطی نشان دادند که شدت چرا ترکیب جامعه گیاهی را در سراسر منطقه مورد مطالعه با اثرات قوی بر خوش‌خوراکی گیاهان تحت تأثیر قرار داد. معتمدی و همکاران (۱۲) در بررسی رابطه بین عوامل محیطی و پراکنش جوامع گیاهی با استفاده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) و روش آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA: Canonical Correspondence Analysis) دریافتند که عوامل

می‌شوند. میانگین بارش سالانه منطقه ۳۰۴/۴ میلی‌متر و میانگین سالانه دمای هوا ۹/۵ درجه سانتی‌گراد است (۵). خاک این حوضه در زیرگروه‌های Typic Calcixerepts و Typic Haploxerepts و Lithic Xerorthents طبقه‌بندی شده است (۴).

ابتدا براساس بازدیدهای صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای، پوشش گیاهی (شامل تراکم و تنوع گونه‌ها) در کل حوضه با توجه به خصوصیات ظاهری تیپ‌بندی شد. ۱۱ تیپ گیاهی در زیر حوضه قرق و ۵ تیپ گیاهی در زیر حوضه شاهد تعیین شد. برای مطالعه پوشش گیاهی سطح حداقل به‌روش کاین (۱۸) و تعداد پلات به‌روش آماری و هم‌چنین روش منحنی وزن-گونه (۲۲) تعیین گردید. با توجه به همگنی و یکنواختی پوشش گیاهی در تیپ‌های گیاهی، در هر تیپ ۳ الی ۴ قاب نمونه‌برداری، با ابعاد ۱×۱ متر، مورد مطالعه قرار گرفت. در مجموع از ۶۲ قاب، نمونه‌برداری از گیاه و خاک صورت گرفت. لیست گونه‌ها به‌همراه درصد پوشش گیاهی و لاشبرگ و متغیرهای محیطی شامل ارتفاع، درصد شیب، جهت شیب، درصد سنگریزه سطحی و خاک لخت برای هر قاب تعیین شد. داده‌های مربوط به جهت شیب که برحسب درجه نسبت به شمال بود، با استفاده از فرمول زیر به مقیاس بیرز (۱۹۶۶) تبدیل شد (به نقل از ۱).

$$A' = \text{Cos} (45 - A) + 1$$

A' مقدار جهت (درجه) و A مقدار تبدیل شده که بین ۰ و ۲ در تغییر است؛ جهت شمال شرقی دارای بیشترین مقدار و جهت جنوب غربی دارای کمترین مقدار می‌باشد (۱). برای نمونه‌برداری از گیاه، تاج پوشش گیاهان یک‌ساله از یک سانتی‌متری سطح زمین، گیاهان پهن‌برگ و گندمیان چندساله از پنج سانتی‌متری سطح زمین، و برای گیاهان بوته‌ای، رشد سال جاری برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، خشک و برای تعیین تولید سالانه وزن شد.

برای نمونه‌برداری خاک همانند پوشش گیاهی، نمونه‌برداری از کل حوضه و از ۶۲ قاب انجام شد. در هر قاب از سه نقطه

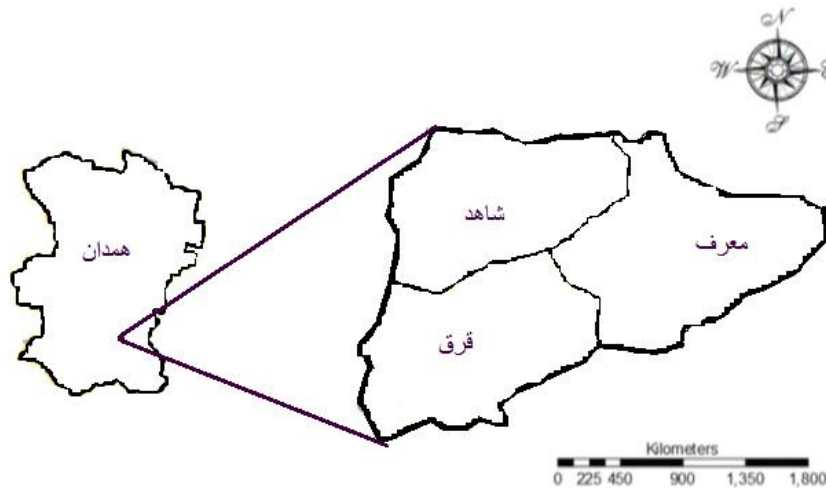
محیطی اثر یکسانی در پراکنش گونه‌های گیاهی ندارند و مهمترین عوامل مؤثر در پراکنش و استقرار گونه‌های غالب نظیر *Artemisia fragrans* و *Agropyron trichophorum* خاک، چرا، بارندگی، ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی و هدایت الکتریکی می‌باشند. اسدیان (۱) در طبقه‌بندی قطعات نمونه با استفاده از روش TWINSpan دو گروه اکولوژیک اصلی را در مراتع الموقلاخ تعیین کرد. هم‌چنین در تجزیه و تحلیل DCA عوامل محیطی درصد لوم، ارتفاع از سطح دریا، درصد رس، درصد سنگریزه و درصد شیب سبب تفکیک جوامع گیاهی شدند.

سرزمین پهناور ایران با تنوع اقلیم و ویژگی‌های گوناگون خاک رویشگاه بسیاری از گونه‌هاست که در صورت شناخت عوامل مؤثر بر رشد این گونه‌ها و سازگاری آنها، می‌توان از صرف هزینه و اتلاف زمان در برنامه‌ریزی جهت اصلاح مراتع جلوگیری کرد. برای این منظور شناسایی روابط گیاهان بومی مستقر در عرصه و عوامل مؤثر بر استقرار و بقای آنها ضروری است. هدف از این مطالعه بررسی جوامع گیاهی در حوضه آبخیز گنبد، واقع در شهرستان همدان، براساس روش DCA و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر در تفکیک تیپ‌های گیاهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز زوجی گنبد با مجموع مساحتی نزدیک به ۲۹۰ هکتار میان طول جغرافیایی $48^{\circ} 41' 5''$ تا $48^{\circ} 42' 17''$ درجه شرقی و عرض جغرافیایی $34^{\circ} 41' 16''$ تا $34^{\circ} 42' 31''$ شمالی در ۲۸ کیلومتری جنوب شرقی همدان قرار داشته و شامل دو زیرحوضه قرق با ۱۵۰ هکتار و زیرحوضه شاهد با ۱۴۰ هکتار است (شکل ۱).

در زیرحوضه شاهد، ورود و خروج دام در سراسر فصل چرا آزاد بوده و در زیرحوضه قرق از سال ۱۳۸۱، چرای پایان فصل انجام می‌گیرد. به‌طوری‌که از میانه مهر ماه یعنی پس از رسیدن و پخش شدن بذرها، در پایان فصل رشد و تنها برای زمان کوتاهی نزدیک یک ماه، دام‌ها برای چرا به حوضه وارد



شکل ۱. موقعیت حوضه زوجی گنبد در استان همدان

و تحلیل دوطرفه گونه‌های معرف (TWINSPAN) اقدام گردید (جدول ۱). طبقه‌بندی بر مبنای مقیاس واندرمارل صورت گرفت. در این آنالیز به منظور تفکیک و طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک، سطح قطع چهارم به‌عنوان سطح قطع نهایی در نظر گرفته شد و چهار گروه اکولوژیک شناسایی شد؛ گروه اکولوژیک اول (*Asteragalus gossypinus*, *Anual grass*) در محدوده چرای آزاد و دامنه‌های جنوبی قرار داشت، گروه دوم (*Acantholimon sp*, *Asteragalus verus*, *Cousina sp*) نیز در محدوده چرای آزاد بود و عوامل محیطی شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا بر تفکیک این گروه مؤثر بودند، گروه سوم (*Acatophyllum sp*, *Astragalus verus*) در دامنه‌های شمالی قرار داشت و تابع عوامل درصد شیب و جهت شیب بود و گروه چهارم (*Luctuca orientalis*, *Centaura sp*) در محدوده ارتفاع کم در دامنه‌های جنوبی قرار داشت و تحت تأثیر جهت شیب بود.

در نتیجه تجزیه و تحلیل TWINSPAN اولین سطح با مقدار ویژه ۰/۵۰۷ به دو گروه با ۶۰ و ۲ قطعه نمونه تقسیم شده است.

گونه شاخص در اولین سطح در سمت راست گونه *Silene conoidea* L. بود، در دومین سطح و با مقدار ویژه ۰/۴۸۳ در سمت راست، گونه‌های *Asteragalus verus*

به‌صورت تصادفی، از لایه ۰-۱۵ سانتی‌متری نمونه خاک برداشته شد. در آغاز نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل، بعد از هوا خشک شدن و کوبیده شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و مقدار سنگریزه در هر نمونه به‌روش حجمی تعیین گردید.

بافت خاک بر پایه قانون استوکز و به‌روش پیپت با کمک مثلث بافت خاک (۲۷) تعیین شد. pH نمونه‌ها در عصاره ۱:۲ خاک به آب اندازه‌گیری شد. مقدار کربن آلی خاک به‌روش اکسایش تر (۳۰) اندازه‌گیری شد. فسفر خاک با روش اولسن و همکاران (۲۸) تعیین شد.

داده‌های پوشش گیاهی و عوامل محیطی در محیط اکسل مرتب شد و سپس به نرم‌افزار PC-ORD انتقال داده شد. برای تعیین گونه‌های معرف از روش TWINSPAN، برای تعیین جوامع گیاهی از روش DCA، و به منظور شناخت ارزش واقعی گونه‌ها و تعیین گونه‌های شاخص از تجزیه و تحلیل گونه‌های شاخص استفاده گردید.

نتایج و بحث

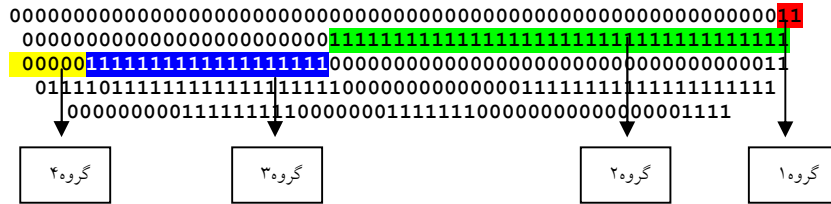
گروه‌های اکولوژیک و گونه‌های شاخص

در اولین مرحله با استفاده از نرم‌افزار PC-ORD نسبت به طبقه‌بندی ۶۲ قطعه نمونه با ۴۰ گونه گیاهی طبق روش تجزیه

جدول ۱. تحلیل دوطرفه قطعات نمونه و گونه‌های گیاهی

رنگ‌های متفاوت بیانگر گروه‌های مختلف اکولوژیک است. (رنگی در نسخه الکترونیکی)

	113	11123441234444411133351233455	2222335555622256645		
26	Sile cono	-----1-----1--11-----55			1
23	Astr gosi	---4-----4-----4			01
19	Hete pili	-----1---2---13---1-----3---2-1-1-1-			01
14	Taen crin	-----2--2-----3--2---3-----2			01
35	Scar orie	-----4-----			001111
32	Noae mucr	-----3-----			001111
31	Erem pers	-----1-----			001111
30	Aegi cras	-----1-----			001111
8	Ment long	-----11-----			001111
36	Cyno dact	-----1-----			001110
20	Acan micr	-----455444553545354445---2-----			001110
24	Holt sp	---44-----5-----			00110
22	Astr kord	---24-----5---4-----			00110
15	Brom tect	---1-3---1---4---1---2---22-2---			00101
11	Stac infl	-----11-1-----3-----1-----			00101
6	Euph chie	-----22--2---3---24---3---			00101
2	Lact orie	12412-231-5-512-----1-----4-1-31-42---1---1115---			00101
29	Alys meni	-----1-----2-----			001001
17	Brom dant	-----1--41-----13-----11-----2--2---			001001
16	Brom tome	-----43---3---1---32---2--1---2---3---			001001
10	Acan brom	---3-3-3---2-44-5---1---31-315-44323--21354333-122-----			001001
4	Scar orie	1-----2-----5-----			001001
3	Cent virg	-523---3-----3-----5---2---114-43--			001000
13	Fest Ovin	---3-5---1-----1444-54145-154-----4-4---			00011
12	Stip Barb	-----2---11-54451--2--41--3-53-2-----			00011
9	Cous bija	---3-5---42---343---24-13141--241--55--4-4--12---			00011
1	Erem pers	-1-----1-----2---1-----1-----1-----			00011
18	Brom japo	---1-----4-----			00010
7	Astr veru	-----1-25-3-3-----554154415--11-5555555451545121--5---			00010
5	Poa bulb	1-----2---1-----11-----			00010
27	Salv muti	-----2---2-1---1-----			000011
39	Cart oxya	-----4-----			000010
38	Phlo oliv	-----2-----			000010
37	Sals cane	-----2--2-----			000010
34	Astr sp	-----4-----			000010
33	Marr astr	-----1-1-----			000010
28	Goge sp	-----4-----55-----			000010
25	Verb spec	-----54-5-----			000010
21	Arte sibe	-----1-----5---5555-----			00000

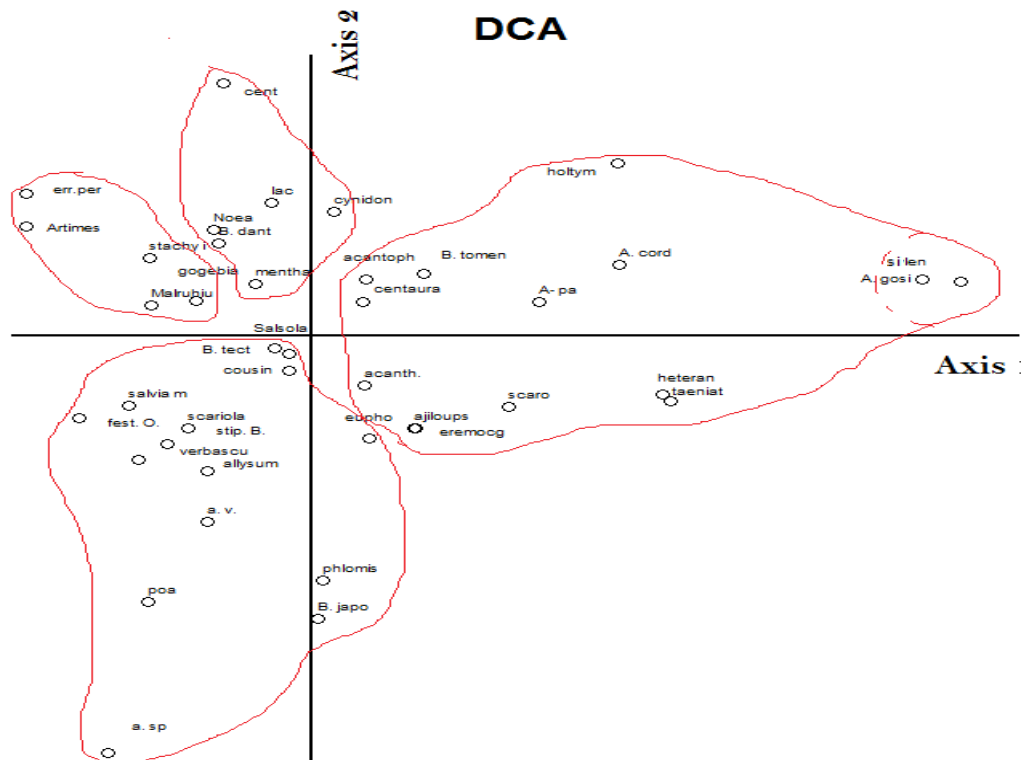


شاخص بود و در همین سطح در تفکیک نهم با مقدار ویژه ۵۱۳٪ گونه *Acatophyllum sp.* در سمت راست و گونه *Festuca ovina* در سمت چپ گونه‌های شاخص بودند.

تجزیه و تحلیل DCA

با توجه به اینکه مقادیر ویژه محور اول و دوم در رسته‌بندی DCA بیشتر بود، لذا جهت ارائه نتایج از محور ۱ و ۲ استفاده شده است. شایان ذکر است این دو محور کاملاً غیر هم‌بسته

Cousina sp. و در سمت چپ، گونه *Acatophyllum sp.* گونه‌های شاخص بودند، در سومین سطح با مقدار ویژه ۵۳۲٪ در سمت راست گونه *Acatophyllum sp.* و در سمت چپ گونه *Lactuca sp.* گونه‌های شاخص بودند، در همین سطح در تفکیک پنجم با مقدار ویژه ۴۸۶٪ در سمت راست گونه *Centaura sp.* و در سمت چپ گونه‌های *Asteragalus verus* و *Acatophyllum sp.* بودند، در سطح چهارم با مقدار ویژه ۷۳۰٪ در سمت چپ گونه *Scaropholaria sp.* گونه



شکل ۲. رج‌بندی قطعات نمونه (قاب‌ها و گونه‌ها) حاصل از DCA با تأثیر عوامل محیطی و گیاهی

این گروه شده‌اند. عامل درصد شن نیز در تفکیک این گروه تأثیر مثبت دارد.

گروه اکولوژیک سوم در محدوده منفی محور ۱ و محدوده مثبت محور ۲ پراکنده شده، گونه‌های *Astragalus kordicus* (۳۶۰)، *Bromus dantonina* (۱۰۰)، *Stachys inflata* (۵۵)، *Noaea mucronata* (۹۷)، *Sophora alopecouroides* (۸۶)، *Lactuca orientalis* (۱۳۴) و *Cynodon dactylon* (۱۷۵) سبب تفکیک این گروه می‌باشند و عوامل محیطی یا گیاهی خاصی بر روی این گروه مؤثر نبوده است. گروه اکولوژیک چهارم در منتهی‌الیه محدوده منفی محور ۱ و مثبت محور ۲ متمرکز شده که گونه‌های *Artemisa siberi* (۲۴-)، *Marabium sp.* (۵۵) و *Ermoperum sp.* (۲۴-) سبب تفکیک این گروه می‌باشند.

گروه اکولوژیک پنجم در منتهی‌الیه محدوده منفی محور ۱ و منفی محور ۲ پراکنده شده که گونه‌های *Festuca ovina* (۹)، *Salvia* (۱۴۶)، *Cousinia bijarensis* (۱۳۷)، *Salsola sp.* (۴۱) و *multicaulis* (۴۱) و عامل جوامع گیاهی، تولید گندمیان

بوده و دارای بیشترین مقادیر ویژه هستند (به ترتیب ۰/۹۴۹ و ۰/۶۷۲) که بالاترین تغییرات بین جوامع گیاهی توسط محور اول و دوم تعیین می‌شود.

با توجه به شکل ۲ و نتایج تجزیه و تحلیل DCA، در گروه اکولوژیک اول که در منتهی‌الیه محور ۱ متمرکز شده، گونه شاخص *Silen sp.* عامل تفکیک این گروه اکولوژیک گردیده است، که با مقادیر ویژه ۰/۹۴۹ بالاترین رتبه (۵۸۴) را به‌خود اختصاص داده است. عوامل محیطی یا جامعه خاص گیاهی بر روی این گروه مؤثر نبوده و فقط گونه تفریقی مذکور در تفکیک آن نقش داشته است.

گروه اکولوژیک دوم در محدوده مثبت محور ۱ و ۲ پراکنده شده است، گونه‌های *Asteragalus gossypinuse* (۵۵۸)، *Heterantherium piliferum* (۳۹۴)، *Taeniatherum crinitum* (۳۸۴)، *Astragalus kordicus* (۳۶۰)، *Astragalus parravianus* (۳۰۹)، *Scariophlaria sp.* (۲۸۹)، *Acantolimon olivieri* (۱۹۴)، *Aegilops crassa* (>۱۰۰) با مقادیر ویژه ۰/۹۴۹ سبب تفکیک

باعث بهبود وضعیت منطقه قرق نسبت به منطقه شاهد شده است، به طوری که مقدار تاج پوشش گیاهی به ویژه گندمیان چندساله، که جزء گونه‌های خوش‌خوراک هستند، افزایش یافته است. با افزایش تاج پوشش گیاهی، مقدار تولید سالانه نیز افزایش یافته است. کرایچ و میلتنون (۲۳) نشان دادند که در طی قرق ۱۰ ساله، شرایط مرتع بهتر شده و گیاهان خوش‌خوراک افزایش و پوشش گندمیان یک‌ساله کاهش و گندمیان چندساله افزایش یافتند. این محققین نشان دادند که تغییرات در مراتع قرق بسیار سریعتر از مناطق بی‌حفاظ بوده و وضعیت مرتع رابطه نزدیکی با گسترش پوشش تاجی داشته است. اکبرزاده (۲) در بررسی تأثیر چرا بر تغییرات پوشش گیاهی در قرق رودشور (از سال ۱۳۴۷) گزارش نمود که در ۶ سال اول بررسی، تغییرات پوشش در هیچ یک از گونه‌های دائمی از نظر آماری معنی‌دار نبود. اما پس از گذشت ۲۶ سال، پوشش تاجی گونه‌های چندساله ۲/۵ برابر افزایش یافت.

گونه‌های معرف و مؤثر بر تفکیک قاب‌ها و گروه‌های اکولوژیک عبارتند از *Astragalus gossypinus* (۰/۷۶۳)، *Festuca ovina* (۰/۵۴۱)، *Centaurea virgate* (۰/۵۲۲)، *Artemisa siberi* (۰/۳۰۳) (جدول ۲). در گروه اکولوژیک سوم، تأثیر گونه‌های معرف کم بوده و این گروه اکولوژیک بیشتر تحت تأثیر فاکتورهای محیطی است. گونه‌های گیاهی *Silen sp.*، *Astragalus gossypinus*، *Centaurea virgat*، *Artemisa siberi* و *Festuca ovina* نشان‌دهنده شرایط اکولوژیک محیط کوهستانی و هم‌چنین مناطق نیمه‌استپی و استپی است که ریزش نزولات آسمانی محدود به فصول پاییز، زمستان، و اوائل بهار است و به‌طور متوسط حدود ۶ ماه از سال براساس منحنی آمبرترمیک خشک بوده و گیاه شرایط خشک را طی می‌کند لذا این گیاهان نیاز آبی کمی داشته و عموماً به‌صورت بوته‌ای و بالشتکی بوده و سطح برگ و ارتفاع آنها به گونه‌ای است که در برابر تنش‌های خشکی مقاومت کرده و تبخیر و تعرق خود را با بستن روزنه‌های خود و کاهش طول دوره رشد به حداقل می‌رسانند. و از آنجا که از نظر طیف

چندساله در تفکیک این گروه تأثیر دارد. گروه اکولوژیک ششم که در محدوده منفی محور ۱ و منفی محور ۲ متمرکز شده و گونه‌های *Astragalus verus* (۹۲)، *Verbascum sp.* (۴۸)، *Stipa barbata* (۶۶) و *Scariola sp.* (۸۰) و *Cousinia bijarensis* و عامل محیطی جهت شیب و تولید گندمیان چند ساله سبب تفکیک این گروه می‌باشند.

در گروه‌های اکولوژیک تفکیک شده، ترکیبی از قاب‌ها و گونه‌های منطقه قرق و شاهد مشاهده شد. بنابراین اعمال مدیریت چرا، عامل مؤثری در تفکیک و طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی نبوده و علاوه بر مدیریت، شرایط محیطی و خاکی نیز در تفکیک گروه‌های اکولوژیک نقش زیادی دارند.

آنالیز هم‌بستگی عوامل محیطی و نسبت اثر آنها در تفکیک واحدهای اکولوژیک مورد بررسی قرار گرفت و بردار آنها بر روی محورها ترسیم گردید که در این بین از مجموع ۲۵ عامل محیطی - گیاهی، عامل گیاهی تولید گندمیان چندساله (۰/۴۴۱-) و عوامل محیطی جهت شیب (۰/۳۸۲-)، درصد شن (۰/۳۵۴)، سنگریزه سطحی (۰/۳۳۷) و درصد رس (۰/۳۰۸-)، نقش مؤثری در طبقه‌بندی و تفکیک قاب‌ها داشته‌اند که در جدول ۲ ارائه شده است.

مقدار شن و رس خاک و جهت شیب تقریباً در همه گروه‌های اکولوژیک تفکیک شده نقش دارند. بافت خاک تأثیر زیادی در کنترل میزان رطوبت و موادغذایی قابل دسترس جهت گیاهان دارد. خاک با عمق مناسب و بافت سبک، آب قابل دسترس را به‌راحتی و به مقدار مناسب در اختیار گیاهان قرار می‌دهد. به‌طور کلی تأثیر بافت بر روی پراکنش گونه‌های گیاهی، به‌دلیل اختلاف در میزان رطوبت خاک آنها می‌باشد زیرا اختلاف در میزان رطوبت به تغییراتی در ساختمان و هوادهی و میزان شوری خاک منجر می‌شود. برخی پژوهشگران نشان دادند که بافت خاک از مهمترین عوامل تأثیرگذار در پراکنش تیپ‌ها می‌باشد (۶، ۷، ۹ و ۱۷).

فاکتور تولید گندمیان چندساله بیشترین تأثیر را در قاب‌های منطقه قرق نشان داد. بنابراین اعمال مدیریت چرا کنترل شده

جدول ۲. هم‌بستگی گونه‌های گیاهی و عوامل گیاهی - محیطی مؤثر بر تفکیک قاب‌ها با محورهای DCA

گونه‌های گیاهی	محور ۱	محور ۲	عوامل گیاهی - محیطی	محور ۱	محور ۲
<i>Lact orie</i>	-۰/۰۳۹	۰/۰۷۰	جهت شیب	-۰/۳۸۲	-۰/۱۰۴
<i>Cent virg</i>	-۰/۰۳۷	۰/۵۲۲**	شیب	-۰/۱۹۲	-۰/۳۵۰
<i>Scar orie</i>	۰/۰۷۹	-۰/۰۸۴	ارتفاع	۰/۰۱۸	-۰/۲۶۹
<i>Euph chie</i>	-/۱۱۹	-۰/۰۴۱	تاج پوشش کل	-۰/۱۹۸	-۰/۲۳۵
<i>Astr veru</i>	-۰/۲۱۱	-۰/۲۹۹	تاج پوشش بوته‌ای‌ها	-۰/۰۴۳	-۰/۱۹۵
<i>Cous bija</i>	-۰/۰۵۹	-۰/۲۸۸*	تاج پوشش گندمیان یک‌ساله	۰/۰۱۳	-۰/۱۲۷
<i>Acan micr</i>	۰/۰۳۹	-۰/۲۷۰	تاج پوشش گندمیان چندساله	-۰/۲۵۱	-۰/۲۷۸
<i>Stip Barb</i>	-۰/۲۳۳	-۰/۲۴۰	تاج پوشش پهن‌برگان یک‌ساله	-۰/۰۶۸	۰/۲۷۸
<i>Fest Ovin</i>	-۰/۴۲۶**	-۰/۲۵۳*	تاج پوشش پهن‌برگان چندساله	-۰/۰۶۴	۰/۰۵۴
<i>Taen crin</i>	۰/۲۰۴	-۰/۱۵۰	تولید سالانه کل	-۰/۱۶۱	-۰/۲۱۱
<i>Brom tect</i>	۰/۰۰۳	-۰/۱۱۱	تولید بوته‌ای‌ها	-۰/۰۵۰	-۰/۲۰۶
<i>Brom tome</i>	۰/۰۵۵	۰/۰۹۸	تولید گندمیان یک‌ساله	۰/۰۷۶	-۰/۰۹۰
<i>Brom dant</i>	-۰/۱۳۲	۰/۱۵۱	تولید گندمیان چندساله	-۰/۴۴۴**	-۰/۳۰۷*
<i>Hete pili</i>	۰/۲۰۱	-۰/۰۴۷	تولید پهن‌برگان یک‌ساله	-۰/۱۶۲	-۰/۰۱۵
<i>Acan brom</i>	۰/۱۳۷	-۰/۰۳۹	تولید پهن‌برگان چندساله	-۰/۰۳۰	۰/۰۲۲
<i>Astr kord</i>	۰/۳۱۶*	۰/۰۵۷	لاشبرگ	-۰/۰۲۲	۰/۱۸۳
<i>Astr gosi</i>	۰/۵۴۱**	۰/۱۱۷	سنگریزه سطحی	۰/۳۳۷*	۰/۰۴۸
<i>Verb spec</i>	-۰/۱۲۵	۰/۱۷۱	خاک لخت	-۰/۱۵۸	۰/۰۴۰
<i>Sile cono</i>	۰/۷۶۳**	۰/۱۱۴	شن	۰/۳۵۴*	۰/۴۲۰**
<i>Salv mult</i>	-۰/۱۶۱	-۰/۰۸۸	سیلت	-۰/۰۲۴	-۰/۰۶۸
<i>Cyno dact</i>	۰/۰۵۷	۰/۰۳۳	رس	-۰/۳۰۸*	-۰/۱۲۴
<i>Sals cane</i>	-۰/۰۲۱	-۰/۱۶۲	سنگریزه زیرسطحی	۰/۱۵۹	-۰/۲۲۱
<i>Phlo oliv</i>	-۰/۰۰۸	-۰/۱۰۵	pH	۰/۰۷۲	۰/۱۰۱
<i>Cart oxya</i>	۰/۰۴۷	-۰/۰۰۷	ماده آلی	-۰/۱۰۹	-۰/۰۵۵
<i>Poa bulb</i>	-۰/۰۸۹	-۰/۰۲۴	فسفر	-۰/۰۰۶	-۰/۱۴۰
<i>Ment long</i>	-۰/۰۴۱	۰/۰۵۵			
<i>Stac infl</i>	-۰/۱۷۰	-۰/۰۱۰			
<i>Brom japo</i>	-۰/۰۴۴	۰/۰۳۷			
<i>Arte sibe</i>	-۰/۳۸۹**	۰/۰۴۳			
<i>Holt sp</i>	۰/۲۸۹	۰/۱۶۳			
<i>Goge sp</i>	-۰/۱۵۹	۰/۳۵۱*			
<i>Alys meni</i>	-۰/۱۳۳	۰/۲۵۰			
<i>Aegi cras</i>	-۰/۰۲۴	-۰/۱۷۶			
<i>Noae mucr</i>	-۰/۰۴۹	-۰/۰۳۰			
<i>Marr astr</i>	-۰/۰۶۰	۰/۰۸۱			
<i>Astr sp</i>	-۰/۰۷۸	-۰/۱۱۳			
<i>Scar orie</i>	-۰/۰۲۴	-۰/۱۷۶			

علامت ** معرف معنی‌دار بودن در سطح ۱ درصد، و * معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد

جدول ۳. تفکیک گروه‌ها براساس گونه‌های شاخص

۳	۲	۱				گروه
۶۸	۲۸	۰				معرف
۱	۱	۶۰				تعداد قاب
			بیشترین گروه	بیشترین	میانگین	
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Eremopoa persica</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Lactuca orientalis</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Centurea virgata</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>scarophyllum</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Poa Bulbosa</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Euphorbia</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Astragalus verus</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Mentha longifolia</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Cousinia Crispa</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Acantholimon olivieri</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Stachys inflata</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Stip. Barbata</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Festuca. Ovina</i>
۸۴	۰	۱۶	۶۸	۸۴	۳۳	<i>Taeniatherum</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Bromus tectorum</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Bromus tomentellus</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Bromus danthoniae</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Bromus japonica</i>
۹۹	۸۳	۱۷	۲۸	۸۳	۳۳	<i>Heteranthelium</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Acantophyllum microcephalum</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Artemisia herba – alba</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Astragalus cordata</i>
۰	۶۸	۱	۶۸	۹۹	۳۳	<i>Astragalus gossypinus</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Hulthemia</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Verbascum speciosum</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Salvia multicaulis</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Gogebia sp</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Allysum minus</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Ajiloups</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Eremocg</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Noea</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Malruhium</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Astragalus sp</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Scariola orientalis</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Astragalus parrovianus</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Cynodon. Dactylon</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Salsola</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Phlomis olivieri</i>
۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۳	<i>Centurea virgata</i>

عددهای مربوط به هر گونه در هر گروه، تعداد تکرار گونه‌ها در ماتریس را نشان می‌دهد.

گروه گونه‌های اکولوژیک می‌دهند (۱۵). شناخت گونه‌های شاخص هر منطقه و هر شرایط محیطی، راه را برای تخمین شرایط محیطی در مکان‌های دیگر فراهم می‌کند (۲۴). بر این اساس می‌توان تعداد مناسب گروه‌ها در روش‌های طبقه‌بندی (خوشه‌بندی)، و هم‌چنین گونه‌های مهم در جداسازی جوامع و گروه‌ها را تعیین نمود (۱۰).

نتیجه‌گیری

با توجه به طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی توسط DCA مشخص شد که اعمال مدیریت چرا به تنهایی عامل مؤثری در تفکیک و طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی نیست؛ چرا که در گروه‌های اکولوژیک تفکیک شده، ترکیبی از قاب‌ها و گونه‌های منطقه قرق و شاهد وجود دارد. بنابراین علاوه بر مدیریت، شرایط محیطی و خاکی نیز در تفکیک گروه‌های اکولوژیک نقش زیادی دارند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، عوامل محیطی شن، رس و جهت شیب در پراکنش پوشش گیاهی منطقه نقش مؤثری داشته‌اند. پراکنش گونه‌های گیاهی نظیر *Silen* *sp*، *Festuca ovina*، *Artemisa siberi* و... نشان از متناسب بودن شرایط اکولوژیک برای حضور گونه‌های چندساله نیازمند به خاک سبک جهت ریشه دوانی با نیاز آبی کم است.

زیستی چندساله هستند عمق ریشه دوانی آنها زیاد بوده که مقاومت آنها را به خشکی بیشتر می‌کند. بنابراین حضور گونه‌های گیاهی مذکور نشان‌دهنده متناسب بودن شرایط اکولوژیک برای حضور گونه‌های چندساله نیازمند به خاک سبک جهت ریشه دوانی با نیاز آبی کم است.

تجزیه و تحلیل گونه‌های شاخص

براساس نتایج حاصل از تحلیل گونه‌های شاخص (جدول ۳) مشخص گردید که گونه‌های *Asteragalus gossypinus* ($P=0/001$)، *Heterantherium piliferum* ($P=0/007$) در تفکیک گروه‌ها تأثیر داشتند؛ در گروه اول هر سه گونه، به ترتیب سطح معنی‌دار شدن آنها، تأثیر داشتند و در گروه دوم، گونه *Heterantherium piliferum* ($P=0/007$) و در گروه سوم، گونه‌های *Asteragalus gossypinus* ($P=0/001$)، *Taeniatherum crinitum* ($P=0/002$) مؤثر بودند. شایان ذکر است در گروه اول، ۵۸ قاب جای گرفت در گروه دوم و سوم، هرکدام فقط دو قاب جای گرفتند. این نشان می‌دهد که گروه اول از همگنی و یکنواختی برخوردار است.

تحلیل گونه‌های شاخص برای شناخت ارزش واقعی گونه‌ها در طول گرادینت‌های محیطی و هم‌چنین جهت تعیین اینکه چه گونه‌ای متعلق به چه شرایطی است انجام می‌شود. گیاهانی که به‌طور مکرر با یکدیگر در نواحی با شرایط محیطی مشابه حضور می‌یابند دارای نیازهای اکولوژیک مشابهی بوده و تشکیل

منابع مورد استفاده

- اسدیان، ق. ۱۳۸۶. بررسی اکوفیتوسوسیولوژی پوشش گیاهی دامنه شرقی آلموقولاغ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران مرتع و بیابان ایران.
- اکبرزاده، م. ۱۳۸۴. بررسی تغییرات پوشش گیاهی داخل و خارج قرق رودشور. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران* ۱۲(۲): ۱۶۷-۱۸۸.
- بنائی، م. ح.، ع. مومنی، م. بایوردی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. خاک‌های ایران: تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره‌برداری. موسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ۴۸۱ ص.
- بهرامی، ا. ۱۳۹۱. مدل‌سازی پویایی کربن آلی خاک با استفاده از مدل APEX در حوضه زوجی گنبد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

۵. پایگاه اطلاع رسانی هواشناسی کشور (استان همدان) ۱۳۸۷. آمار و اطلاعات هواشناسی ایستگاه همدان. سایت www.hamedanmet.ir.
۶. جعفری، م.، م. ع. زارع چاهوکی، ع. طویلی و ا. کهندل. ۱۳۸۵. بررسی رابطه خصوصیات خاک با پراکنش گونه‌های گیاهی در مراتع استان قم. *مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی* ۷۳: ۱۱۶-۱۱۰.
۷. حسینی توسل، م و م. جعفری. ۱۳۸۲. بررسی ارتباط برخی گونه‌های شاخصی مرتعی با خصوصیات خاک در منطقه نیمه طالقان. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان* ۱۰(۱): ۱۱۵-۱۱۸.
۸. زارع، س. ۱۳۸۷. بررسی روابط برخی ویژگی‌های خاک گیاهی بر روی زمین خشک (مطالعه موردی: مراتع چهارباغ شهریار، ایران). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۹. زارع چاهوکی، م. ع. ۱۳۸۰. بررسی رابطه چند گونه مرتعی با برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتع پشتکوه استان یزد. پایان نامه کارشناسی ارشد مرتعداری دانشگاه تهران.
۱۰. طهماسبی، پ. ۱۳۹۰. رج‌بندی (تجزیه و تحلیل‌های چندمتغیره در علوم محیطی و منابع طبیعی). انتشارات دانشگاه شهرکرد، ۱۸۱ ص.
۱۱. مصداقی، م. ۱۳۸۰. توصیف و تحلیل پوشش گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۸۷ ص.
۱۲. معتمدی، ج.، ا. شیدائی کرکج، ف. علی‌لو، ر. قریشی و ک. کیوان بهجو. ۱۳۹۲. بررسی ارتباط عوامل محیطی و شدت چرای دام با پوشش گیاهی. *نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان* ۳: ۷۳-۸۹.
۱۳. مقدم، م. ر. ۱۳۸۰. اکولوژی توصیفی و آماری پوشش گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۸۵ ص.
۱۴. نصراللهی، ا. ۱۳۷۷. مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به منظور یافتن گیاهان معرف". پایان نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
15. Andrieu, N., E. Josien and M. Duru. 2007. Relationships between diversity of grassland vegetation, field characteristics and land use management *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120:395-369.
16. Barnes, B. V., K. S. Pregitzer and T. A. Spies. 1982. Ecological forest site classification. *Journal of Forestry* 80:493-498.
17. Barrett, G. 2006. Vegetation communities on the shores of a salt lake in semi-arid Western Australia, *Journal of Arid Environments* 67: 77-89.
18. Cain, S. A. 1938. The species-area curve. *American Midland Naturalist* 19: 573-581.
19. Gauch, H. G. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*, Cambridge University Press. Cambridge, England, 298 p.
20. Haynes, M. A., Z. Fang and D. M. Waller. 2012. Grazing impacts on the diversity and composition of alpine rangelands in northwest yunnan. *Journal of Plant Ecology* 30: 1-9.
21. Holechek, J. L., R. D. Pieper and C. H. Herbel. 2004. *Range Management: Principles and Practices*. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 607p.
22. Kerbs, C. J. 1999. *Ecological methodology*. 2nd ed., Addison Wesley Longman, Menlo Park, California, USA, 624 P.
23. Kraaij, S. and J. Milton. 2006. Vegetation changes (1995-2004) in semi-arid Karoo shrubland, South Africa: Effects of rainfall, wild herbivores and change in land use. *Journal of Arid Environment* 64: 174-192.
24. Lu, T., K. M. Ma., W. H. Zhang and B. J. Fu. 2006. Differential responses of shrubs and herbs present at the upper Minjiang River basin (Tibetan plateau) to several soil variables. *Journal of Arid Environments* 67(3): 373-390.
25. McCune, B. and M. J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA, 237 p.
26. Myklestad, A. and M. Saetersdal. 2004. The importance of traditional meadow management techniques for vascular plant species richness in Norway. *Biological Conservation* 118: 133-139.
27. National Soil Survey Center. 1996. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. Soil Survey Investigations Report. No. 42, Lincoln Nebraska.
28. Olsen, S. R, C. V. Cole., F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circ. 939. U. S. Gover. Prin Office. Washington .DC.

29. Quevedo, D. I. and F. Frances. 2008. A conceptual dynamic vegetation-soil model for arid and semiarid zones. *Hydrology and Earth System Science* 12: 1175-1187.
30. Walkley A. and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. *soil science* 37: 29-38.
31. Zhang, J. T., Y. Dong and Y. Xi. 2008. A comparison of SOFM ordination with DCA and PCA in gradient analysis of plant communities in the midst of Taihang Mountains, China. *Ecological Informatics* 3: 367-374.