

آنالیز گرادیان مستقیم گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی در گروه‌های اکولوژیک مراتع زیرکوه قاین

محمد جعفری^۱، مسلم رستم‌پور^۲، علی طویلی^۳، محمد علی زارع چاهوکی^۴ و جلیل فرزادمهر^۵

تاریخ دریافت: 1387/2/13 - تاریخ پذیرش: 1387/10/4

چکیده

هدف از این تحقیق تجزیه و تحلیل گرادیان مستقیم گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی در گروه‌های اکولوژیک مراتع زیرکوه قاین است. نمونه‌برداری روی پنج گروه اکولوژیک که در مطالعات قبلی تشخیص داده شده بود انجام گرفت. در هر کدام از گروه‌ها، نمونه‌برداری به روش تصادفی - سیستماتیک و در طول چهار ترانسکت 150 متری انجام گرفت. در هر گروه اکولوژیک خصوصیات خاکی، پستی و بلندی و اقلیمی ثبت شد. بنابراین، دوازده عامل محیطی شامل بافت، pH، EC، کربنات کلسیم، ماده آلی، مقدار رطوبت و رطوبت اشباع خاک، ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب، بارندگی متوسط سالانه و متوسط درجه حرارت سالانه بودند. از روش آنالیز افزونگی (RDA)، به عنوان یکی از روش‌های آنالیز گرادیان مستقیم، برای آزمون روابط بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی استفاده شد. محور یک RDA همبستگی معنی‌داری با رس، شن، pH، ماده آلی، رطوبت اشباع، آهک خاک و شیب نشان داد، در حالی که محور دو RDA تنها با سیلت خاک همبستگی معنی‌داری داشت. این گرادیان‌ها همبستگی نزدیکی با دو محور اول RDA دارند و 96٪ روابط گونه - عوامل محیطی را در بین گروه‌های اکولوژیک مراتع زیرکوه قاین شامل می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آنالیز گرادیان مستقیم، RDA، عوامل محیطی، گروه‌های اکولوژیک، مراتع زیرکوه.

1- استاد، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران E-mail: m.jafari@ut.ac.ir

2- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشگاه تهران

3- استادیار، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

4- استادیار، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

5- استادیار، دانشگاه بیرجند

آنالیز محیطی
گردیان مستقیم
گونه‌های گیاهی
و عوامل
330.....

مقدمه

در بوم‌شناسی باشد. در سال 1973، هیل^۵، آنالیز تطبیقی (CA) را به بوم‌شناسان معرفی کرد. آنالیز تطبیقی به تدریج جانشین رسته‌بندی قطبی شد که امروزه طرفدار کمتری دارد. ولنبرگ^۶ (1977)، آنالیز افزونگی (RDA) را به عنوان یک گزینه‌ای از آنالیز همبستگی متعارفی توسعه داد. فشم^۷ (1977) استفاده از مقیاس‌بندی چند بعدی غیر متریک (NMDS) را بیان کردند. تبراک^۸ (1986)، با معرفی آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA) بزرگ‌ترین تحول جدید را در روش‌های رسته‌بندی به وجود آورد. این روش، حاصل ترکیب آنالیز تطبیقی با رگرسیون است و برای آزمون فرض‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جعفری و همکاران (1381)، در بررسی روابط پوشش گیاهی مراتع پشتکوه استان یزد با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره دریافتند که مهم‌ترین خصوصیات خاکی موثر در تفکیک تیپ‌های رویشی منطقه مورد مطالعه، هدایت الکتریکی، بافت، املاح پتاسیم، گچ و آهک است. محتشم‌نیا و همکاران (1386)، عوامل خاکی و پستی و بلندی موثر بر پوشش گیاهی مراتع استپی دشت آباده فارس را بررسی کردند. نتایج حاصل از کاربرد آنالیز گردیان مستقیم نشان داد که از جمله مهم‌ترین عوامل محیطی موثر در استقرار و پراکنش گروه‌های اکولوژیک گیاهی بافت خاک، اسیدیته، رطوبت وزنی،

امروزه از آنالیز گردیان در جامعه‌شناسی گیاهی و مطالعه روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی استفاده می‌شود (19 و 10). در آنالیز گردیان مستقیم، گونه‌ها به طور مستقیم با عوامل محیطی اندازه‌گیری شده همراه می‌شوند. به علت اینکه داده‌های جامعه معمولاً دارای گونه‌ها و گردیان‌های چندگانه زیادی هستند، آنالیز گردیان مستقیم، یک روش کاهش ابعاد مناسب‌تری است. آنالیز افزونگی (RDA^۱) و آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA^۲) از جمله روش‌های آنالیز گردیان مستقیم هستند که عموماً بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (38). استفاده توأم از طبقه‌بندی و آنالیز گردیان پوشش گیاهی، تصویر واضحی از روابط بین گروه‌های اکولوژیک و محل‌شان در سیمای سرزمین فراهم می‌کند (8). چنین فرض می‌شود که گیاهانی که به طور مکرر با همدیگر در نواحی با ترکیب‌های مشابهی از رطوبت، خاک، مواد غذایی، نور و دیگر عوامل حضور می‌یابند، دارای نیازهای اکولوژیک یا بردباری مشابهی هستند و در یک گروه دسته‌بندی می‌شوند. این گروه را به نام "گروه گونه‌های اکولوژیک"^۳ می‌خوانند (5).

استین^۴ (1968)، برای بررسی روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی از همبستگی متعارفی استفاده کرد، که آن احتمالاً اولین نمونه‌ای از آنالیز گردیان مستقیم چند متغیره

5 - Hill
6 - Wollenberg
7 - Fasham
8 - ter Braak

1- Redundancy Analysis
2- Canonical Correspondence Analysis
3- Ecological Species Groups
4 - Austin

گروه 2: این گروه عمدتاً اراضی دشتی با سنگ و سنگریزه زیاد را شامل می‌شود. گونه‌های *Zygophyllum euryppterum* و *Haloxyton ammodendron* به عنوان گونه‌های شاخص این گروه محسوب می‌شوند.

گروه 3: این گروه عمدتاً در دشت‌های بیابانی منطقه گسترش دارد. گونه‌های *Zygophyllum euryppterum* و *Artemisia sieberi* به عنوان گونه‌های شاخص این گروه به حساب می‌آیند.

گروه 4: این گروه بر روی تپه‌های ماسه‌ای منطقه پراکنش یافته است. گونه‌های *Stipagrostis pennata* و *Ammodendron persicum* به عنوان گونه‌های شاخص این گروه محسوب می‌شوند.

گروه 5: این گروه عموماً در دامنه‌های پرشیب و مرتفع شاسکوه قرار دارد. گونه‌های *Artemisia aucheri* و *Amygdalus scoparia* به عنوان گونه‌های شاخص این گروه به حساب می‌آیند.

روش تحقیق

اندازه‌گیری داده‌های فلورستیک و عوامل محیطی

پس از شناسایی گروه‌های اکولوژیک موجود در منطقه، در منطقه معرف هر گروه نمونه‌برداری به روش تصادفی - سیستماتیک انجام شد. در هر منطقه معرف چهار ترانسکت 150 متری مستقر شد. اندازه کوادرات‌های نمونه‌برداری با توجه به نوع و پراکنش گونه‌های گیاهی به روش حداقل سطح تعیین گردید. تعداد کوادرات به روش آماری تعیین شد. در هر کوادرات لیست گونه‌ها، درصد

آهک در اراضی دشتی و در دامنه‌ها و ارتفاعات شیب هستند. لو و همکاران¹ (2006)، روابط بین عوامل خاکی و پراکنش گونه‌ها را در اشکوب‌های درختچه‌ای و علفی مقایسه کردند. نتایج آنالیز گرادیان مستقیم نشان داد که مقدار رطوبت خاک، pH و ماده آلی، مهم‌ترین عواملی بودند که پراکنش گونه‌ها را در هر دو اشکوب توجیه می‌کنند.

بنابر آنچه بیان شد آنالیز گرادیان اهمیت و کاربرد زیادی در مطالعات روابط گیاه - عوامل محیطی دارد. در تحقیق حاضر با استفاده از RDA، به عنوان یکی از روش‌های آنالیز گرادیان مستقیم، روابط گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی در مراتع زیرکوه مورد بررسی قرار گرفته است تا عوامل مهم و اثرگذار در استقرار گیاهان مورد مطالعه در منطقه زیرکوه شناسایی شوند.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه

این تحقیق در مراتع منطقه زیرکوه قاین انجام گرفت. این منطقه در شمال شرق استان خراسان جنوبی واقع شده است. وسعت مراتع مورد مطالعه 144 هزار هکتار بود. براساس مطالعات قبلی پنج گروه اکولوژیک در منطقه مورد مطالعه شناسایی شده است (30) که خصوصیات آنها به طور مختصر بیان می‌شود:

گروه 1: این گروه در حاشیه دق پترگان قرار دارند و گونه‌های *Salsola richteri* و *Aeluropus littoralis* به عنوان گونه‌های شاخص این گروه محسوب می‌شوند.

پوشش، درصد لاشبرگ، درصد خاک و درصد سنگ و سنگریزه ثبت شد. برای بررسی پایه‌های گیاهی در عرصه از معیار تراکم استفاده شد و با شمارش نهال برحسب گونه به دست آمد. از تقسیم تراکم یک گونه به تراکم کلیه گونه‌ها، تراکم نسبی محاسبه شد. چیرگی یا غلبه از تقسیم پوشش تاجی در واحد سطح بدست آمد و همین طور از نسبت غلبه یک گونه به غلبه کلیه گونه‌ها، غلبه نسبی تعیین شد. فراوانی با تعیین حضور و عدم حضور یک گونه گیاهی و در داخل کوادرات‌های تحت بررسی اندازه گیری شد و به صورت درصد بیان گردید. از نسبت فراوانی یک گونه به فراوانی کلیه گونه‌ها، فراوانی نسبی محاسبه شد. و در نهایت از مجموع تراکم نسبی، غلبه نسبی و فراوانی نسبی، شاخص میزان اهمیت (IVI) محاسبه گردید (22). برای بدست آوردن بارندگی متوسط سالانه و متوسط درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه از گردادین‌های بارندگی و درجه حرارت منطقه استفاده شد. در داخل هر قطعه نمونه پروفیل حفر شد و با توجه به مرز تفکیک افق‌ها و نوع گیاهان موجود در منطقه از دو عمق 0-20 سانتی متر و 100-20 سانتی متر نمونه برداری انجام شد. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد تا سنگریزه‌ها از آن جدا شوند. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک در آزمایشگاه تعیین شد. رطوبت خاک و رطوبت اشباع در آن 105 درجه و به مدت 24 ساعت، بافت خاک به روش هیدرومتری

بایکاس، اسیدیته خاک در گل اشباع به کمک pH متر، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت سنج الکتریکی، درصد آهک خاک به روش کلسیمتری و مواد آلی خاک به روش اکسیداسیون تر تعیین شد. در هر قطعه نمونه، عوامل پستی و بلندی از قبیل شیب دامنه، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا به ترتیب با استفاده از شیب سنج، قطب نما و GPS اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

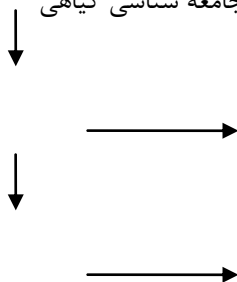
از روش‌های آنالیز چند متغیره برای تجزیه و تحلیل داده‌های فلورستیک و عوامل محیطی استفاده شد. ابتدا از آنالیز تطبیقی ناریب برای تعیین طول گردادین عوامل محیطی استفاده شد (13)، بدین منظور از ماتریس داده‌های گونه‌های گیاهی - قطعات نمونه، با استفاده از مقادیر IVI گونه‌ها استفاده شد. سپس از روش رسته بندی مستقیم آنالیز افزونگی (RDA: 41) و برای آزمون روابط گونه‌های گیاهی در هر کدام از گروه‌های اکولوژیک و عوامل محیطی اندازه گیری شده استفاده شد (شکل 1). آنالیز افزونگی (RDA) خیلی شبیه به روش آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA) است، ولی در این روش، محورهای رسته بندی از PCA مشتق می‌شود (18). RDA، یک روش خطی است و گونه‌ها و عوامل محیطی توسط فلش نشان داده می‌شوند. جایی که گردادین کوتاه باشد، روش RDA توصیه می‌شود (40). در آنالیز افزونگی (RDA)، رسته بندی گونه‌ها در فضای رسته‌بندی عوامل محیطی قرار می‌گیرد؛ بدین

وسيله می‌توان ارتباط عوامل محیطی را با گونه‌ها تفسیر کرد. نرم‌افزار CANOCO 4.0 (38) برای رسته‌بندی مستقیم داده‌های فلورستیک و عوامل محیطی استفاده شد. نمودار رسته‌بندی با استفاده از CanoDraw 3.1 (35) ترسیم شد. معنی‌داری همبستگی گونه‌ها - عوامل محیطی با استفاده از آزمون مونت کارلو¹ (99 تکرار، 38) و تحت فرض صفر آزمون شد. از همبستگی‌های درون مجموعه‌ای² برای ارزیابی اهمیت عوامل محیطی استفاده شد (37 و 38). اختلاف در متغیرهای محیطی در رابطه با هر گروه اکولوژیک با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون مربع‌کای

گروه‌ها از نظر متغیرهای محیطی از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای تست نرمال بودن کلیه داده‌ها از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف استفاده شد (17).

داده‌های محیطی	گونه‌ها + عوامل محیطی	داده‌های فلورستیک
خطی PCA	RDA	طول گرادیان DCA < 3 خطی PCA
رگرسیون رگرسیون چندگانه آنالیز تشخیص	CCA DCCA	طول گرادیان DCA > 4 غیر خطی CA DCA

شکل 1: طرح کلی روش‌های رسته بندی (پارامتریک) در جامعه شناسی گیاهی



ارزیابی شد. در بین عوامل محیطی جهت شیب شرایط آزمون پارامتری را نداشته و از آزمون مربع‌کای استفاده شد. برای مقایسه

1- Monte Carlo test

2- Intra – set correlations

نتایج

طرفه (ANOVA) و مربع‌کای نشان داد که گروه‌های اکولوژیک از لحاظ خصوصیات پستی و بلندی و اقلیمی در سطح 99٪ اختلاف معنی‌دار آماری دارند.

خصوصیات محیطی گروه‌های اکولوژیک
 خصوصیات پستی و بلندی و اقلیمی گروه‌های اکولوژیک در جدول 1 نشان داده شده است. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک-

جدول 1: مقادیر میانگین \pm خطای معیار، F-ratio و P-values آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) عوامل پستی و بلندی و اقلیمی اندازه‌گیری شده در گروه‌های اکولوژیک مراتع زیرکوه

P-values	F-ratio	گروه‌های اکولوژیک					عوامل محیطی
		5	4	3	2	1	
0/01	7/62	1650 \pm 85/62c	1006 \pm 56/27b	1040 \pm 112/09b	927 \pm 41/44b	554 \pm 6/43a	ارتفاع (متر)
0/00	11/78	78/3 \pm 2/50c	30/18 \pm 2/07b	12/18 \pm 1/77a	7/90 \pm 0/83a	1/36 \pm 0/43a	شیب (%)
0/01	9/54	شمالی c	شمال غربی c	غربی b	جنوب شرقی a	جنوبی a	جهت
0/01	7/47	185/26 \pm 10/3c	133/6 \pm 4/55b	136/4 \pm 8/97b	127/38 \pm 3/32b	105/52 \pm 0/5a	بارندگی (mm)
0/01	7/62	13/67 \pm 1/30c	20/71 \pm 0/74b	20/95 \pm 1/48b	23/21 \pm 0/54b	26/18 \pm 0/08a	درجه حرارت (C°)

*عواملی که حروف یکسانی در داخل یک ستون دارد اختلاف معنی داری در سطح 1٪ ندارند.

گروه 1: Sa.ri-Ae.li، گروه 2: Zy.eu-Ha.am، گروه 3: Ar.si-Zy.eu، گروه 4: Am.pe-St.pe

گروه 5: Ar.au-Am.sc

آماري وجود دارد. اما بين آهک و بافت خاک در عمق تحتانی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است. به منظور تعیین تفاوت‌های گروه‌های اکولوژیک از نظر خصوصیات خاکی، پستی و بلندی و اقلیمی از روش مقایسه میانگین چند دامنه دانکن استفاده شد که نتایج آن در جدول 1 و 2 به صورت حروف لاتین نشان داده شده است.

خصوصیات خاکی گروه‌های اکولوژیک در جدول 2 نشان داده شده است. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) مبین آن است که با مقدار $p \leq 0/01$ و در سطح 99٪ بین گروه‌های اکولوژیک، از نظر بافت، شوری، اسیدیته، رطوبت اشباع و رطوبت خاک در دو عمق سطحی و تحتانی و آهک و ماده آلی خاک در عمق سطحی تفاوت معنی‌دار

جدول 2: مقادیر میانگین \pm خطای معیار، F-ratio و P-values آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) عوامل خاکی اندازه‌گیری شده در گروه‌های اکولوژیک مراتع زیرکوه

P-values	F-ratio	گروه‌های اکولوژیک				عوامل خاکی
		4	3	2	1	
0/00	34/04	87/02 \pm 0/81c	73/68 \pm 1/50b	70/45 \pm 1/02b	61/61 \pm 5/36a	شن 1
0/00	36/87	87/41 \pm 0/75c	66/23 \pm 3/62b	70/26 \pm 2/48b	54/20 \pm 6/01a	شن 2
0/00	10/91	1/95 \pm 0/40c	9/56 \pm 1/50b	9/45 \pm 3/09b	16/93 \pm 5/10a	سیلت 1
0/00	22/55	1/30 \pm 0/25c	11/58 \pm 3/20b	8/50 \pm 0/53b	19/48 \pm 4/12a	سیلت 2
0/00	12/58	11/21 \pm 0/66b	16/76 \pm 2/10a	20/10 \pm 2/95a	21/45 \pm 1/54a	رس 1

ادامه جدول 2: مقادیر میانگین \pm خطای معیار، F-ratio و P-values آزمون تجزیه واریانس.....

P-values	F-ratio	گروه‌های اکولوژیک				عوامل خاکی
		4	3	2	1	
0/00	22/15	10/69 \pm 0/92b	22/19 \pm 2/46a	21/23 \pm 2/15a	26/34 \pm 2/35a	رس 2
0/00	164/74	0/18 \pm 0/01b	0/27 \pm 0/03b	1/25 \pm 0/82b	16/45 \pm 1/51a	EC1
0/00	86/86	0/31 \pm 0/11b	0/26 \pm 0/02b	1/51 \pm 0/75b	17/02 \pm 2/32a	EC2
0/01	8/07	7/94 \pm 0/04b	7/84 \pm 0/05b	8/02 \pm 0/14b	8/32 \pm 0/10a	pH1
0/00	9/87	7/98 \pm 0/04b	8/06 \pm 0/02b	8/16 \pm 0/12b	8/46 \pm 0/06a	pH2
0/00	15/38	14/02 \pm 0/38b	12/45 \pm 0/27b	13/91 \pm 0/38b	9/79 \pm 0/43a	آهک 1
0/26	1/41	13/98 \pm 0/27ns	15/83 \pm 1/07ns	14/54 \pm 0/96ns	12/83 \pm 2/17ns	آهک 2
0/00	5/34	25/91 \pm 0/34b	25/48 \pm 0/80b	25/32 \pm 1/43b	29/90 \pm 1/50a	رطوبت اشباع 1
0/00	24/59	26/62 \pm 0/40c	31/21 \pm 1/35b	29/30 \pm 1/13bc	41/93 \pm 3/40a	رطوبت اشباع 2
0/00	20/75	0/38 \pm 0/01c	0/68 \pm 0/03c	1/62 \pm 0/35b	2/35 \pm 0/51a	رطوبت خاک 1
0/00	48/39	0/64 \pm 0/03b	2/43 \pm 0/16b	2/39 \pm 0/32b	10/08 \pm 1/74a	رطوبت خاک 2
0/00	9/02	0/77 \pm 0/16b	2/12 \pm 0/03b	2/15 \pm 0/22b	3/66 \pm 1/14a	ماده آلی 1
0/10	2/33	1/02 \pm 0/16ns	1/64 \pm 0/29ns	1/53 \pm 0/29ns	1/78 \pm 0/34ns	ماده آلی 2

نکته: به علت سنگلاخی بودن رویشگاه گروه 5 (*Ar.au-Am.sc*) هیچ گونه نمونه‌ای از خاک این گروه برداشت نشده. اعداد 1 و 2 در جدول نشان دهنده عمق اول (20-0 سانتی‌متر) و عمق دوم (100-20 سانتی‌متر) خاک می‌باشد.
* عواملی که حروف یکسانی در داخل یک ستون دارد اختلاف معنی داری در سطح 1٪ ندارند. ns نشان دهنده فاقد اختلاف معنی داری در سطح 5٪ می‌باشد. گروه 1: *Sa.ri-Ae.li*. گروه 2: *Zy.eu-Ha.am*. گروه 3: *Ar.si-Zy.eu*. گروه 4: *Am.pe-St.pe*.

گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی

کاهش متوالی مقادیر ویژه چهار محور اول RDA نشان می‌دهد که داده‌های فلورستیک و محیطی به درستی سازمان‌دهی شده‌اند. نتایج رسته‌بندی مستقیم RDA نشان می‌دهد که محورهای اول و دوم به ترتیب 78٪ و 18٪ تغییرات پراکنش گونه‌های گیاهی را توجیه می‌کنند. همبستگی بین عوامل محیطی و گونه‌های گیاهی در سه محور RDA بالاست (جدول 3). این نتایج پیشنهاد می‌کند که همبستگی قوی بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی اندازه‌گیری شده

وجود دارد. از همبستگی بین عوامل محیطی با سه محور اول RDA نشان داده شده در جدول 3، می‌توان بیان کرد که محور یک RDA با رس، شن، pH، ماده آلی، رطوبت اشباع و آهک خاک همبستگی مثبت معنی‌داری دارد. شیب تنها عامل محیطی است که با محور یک همبستگی منفی معنی‌داری دارد. سیلت تنها عامل محیطی است که با محور دو همبستگی معنی‌داری دارد. این حقیقت به طور واضح تری در نمودار رسته بندی RDA نشان داده شده است (شکل 2).

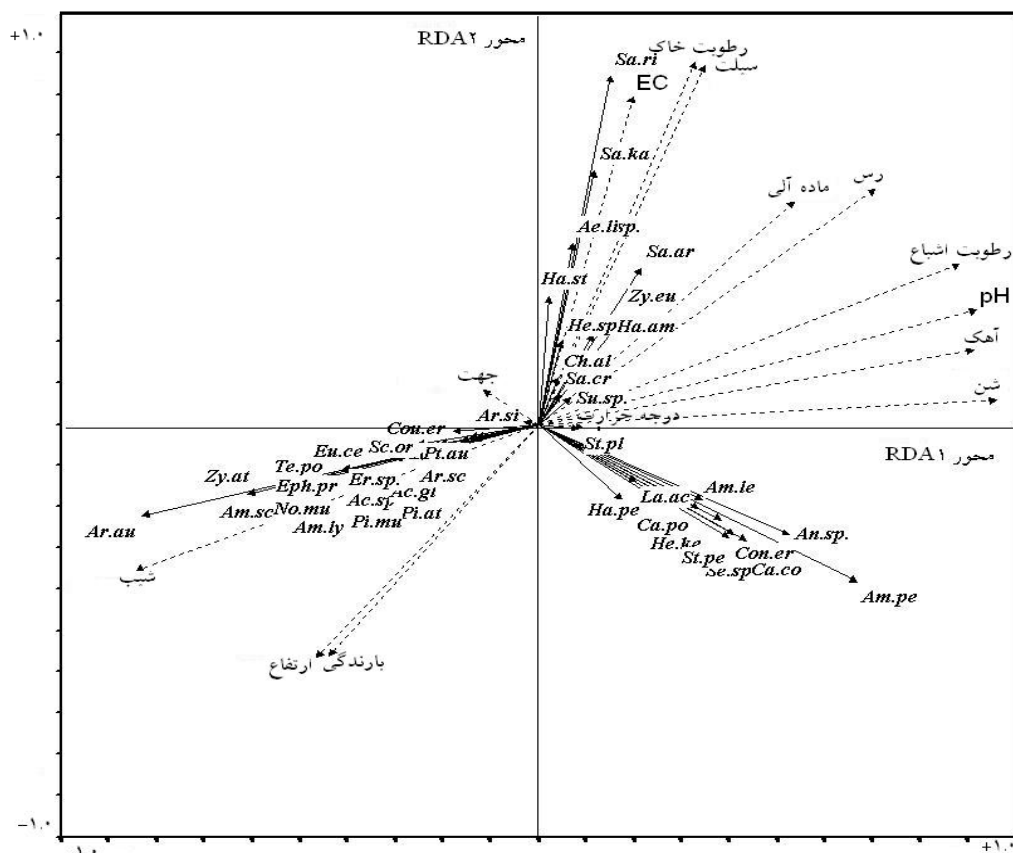
جدول 3: مقادیر ویژه، همبستگی عوامل محیطی و گونه‌های گیاهی، واریانس تبیین شده و همبستگی عوامل محیطی با چهار محور اول رسته بندی RDA

محورهای RDA				
4	3	2	1	
0/28	0/64	0/81	0/89	مقادیر ویژه
0/74	0/91	0/89	0/96	همبستگی بین عوامل محیطی-گونه‌ها
0/01	0/02	0/18	0/78	واریانس تبیین شده
-0/03	0/01	0/02	0/96	شن (/.)
0/10	0/49	0/60	0/42	سیلت (/.)
-0/02	0/25	0/43	0/77	رس (/.)
-0/05	0/01	0/13	0/94	آهک (/.)
0/02	0/21	0/19	0/91	رطوبت اشباع (/.)
0/14	0/68	0/38	0/36	رطوبت خاک (/.)
-0/01	0/12	0/14	0/94	pH
0/19	0/77	0/22	0/21	دسی زیمنس بر متر (EC)
0/03	0/34	0/40	0/60	ماده آلی (/.)
0/14	0/51-	0/25	-0/47	ارتفاع (متر از سطح دریا)
-0/14	0/08	-0/26	0/84-	شیب (/.)
0/02	0/12	0/01	0/11	جهت
0/09	0/50-	-0/27	-0/49	بارندگی (میلی متر)
-0/10	0/50	0/27	0/49	درجه حرارت (سانتی‌گراد)

جدول 4: نتایج آزمون مونت کارلو (99 تکرار)، F-ratio و P-values آماره مقدار ویژه محور یک RDA و آماره اثر

P-value	F-ratio	مقدار ویژه	
0/01	33/18	0/89	محور اول
0/01	2/23	3/82	همه محورها

آزمون معنی‌داری مونت کارلو (99 تکرار) نشان داد که مقدار F-ratio برای مقدار ویژه محور یک RDA و آماره اثر¹ (مجموع تمام محورها) معنی‌دار است ($p \leq 0/01$). این امر مبین وجود رابطه‌ای معنی‌دار بین گونه‌های گیاهی مورد مطالعه و عوامل محیطی اندازه‌گیری شده در رویشگاه‌های آنها است. به علاوه می‌توان اظهار داشت الگوهای مشاهده شده در نمودار رسته بندی RDA شانسی مرتب نشده است (جدول 4).



شکل 2: نمودار رسته‌بندی RDA (گونه‌های گیاهی با فلش‌های ممتد و عوامل محیطی با فلش‌های منقطع نشان داده شده است. اسامی کامل علمی گونه‌های گیاهی در جدول 5 آمده است).

جدول 5: اسم علمی کامل گونه‌های گیاهی ذکر شده به صورت مختصر در شکل 2

نام علمی	علامت اختصاری	نام علمی	علامت اختصاری
<i>Acanthophyllum glandulosum</i>	Ac. gl	<i>Haloxylon persicum</i>	Ha. pe
<i>Acantholimon sp.</i>	Ac. sp.	<i>Halothamnus glaucus</i>	Ha. gl
<i>Aelorupus littoralis</i>	Ae. li	<i>Heliotropium aucheri</i>	He. au
<i>Agriophyllum minus</i>	Ag. mi	<i>Heliotropium ramosissimum</i>	He. ra
<i>Ammothamnus lehmannii</i>	Am. le	<i>Heliotropium transoxantum</i>	He. tr
<i>Amygdalus lycioides</i>	Am. ly	<i>Launaea acanthodes</i>	La. ac
<i>Ammodendron persicum</i>	Am. pe	<i>Noaea mucronata</i>	No. mu
<i>Amygdalus scoparia</i>	Am. sc	<i>Pistacia atlantica</i>	Pi. at
<i>Andrachne sp.</i>	An. sp.	<i>Pistacia mutica</i>	Pi. mu
<i>Artemisia aucheri</i>	Ar. au	<i>Pteropyrum aucheri</i>	Pt. au
<i>Artemisia scoparia</i>	Ar. sc	<i>Salsola arbuscula</i>	Sa. ar
<i>Artemisia sieberi</i>	Ar. si	<i>Salsola kali</i>	Sa. ka
<i>Calligonum comosom</i>	Ca. co	<i>Salsola richteri</i>	Sa. ri
<i>Calligonum polygonoides</i>	Ca. po	<i>Salsola tomentosa</i>	Sa. to
<i>Chenopodium album</i>	Ch. al	<i>Scariola orientalis</i>	Sc. or
<i>Convolvulus eremophylus</i>	Co. er	<i>Stipagrostis pennata</i>	St. pe
<i>Cousinia eryngioides</i>	Co. er	<i>Stipagrostis polumosa</i>	St. pl
<i>Eringium capestre</i>	Er. ca	<i>Suaeda audiflora</i>	Su. au
<i>Ephedra procera</i>	Eph. pr	<i>Teucrium polium</i>	Te. po
<i>Ephedra strobilacea</i>	Eph. st	<i>Zygophyllum atriplicoides</i>	Zy. at
<i>Haloxylon ammodendron</i>	Ha. am	<i>Zygophyllum eurypterum</i>	Zy. eu

بحث و نتیجه گیری

گروه‌های اکولوژیک مراتع منطقه زیرکوه قاین تحت سه تیپ شورپسند (هالوفیت)، صخره‌دوست (پتروفیت) و شن‌دوست (پساموفیت) طبقه‌بندی می‌شوند. زهری (1973)، پوشش گیاهی بیابان‌های منطقه خاورمیانه را درون دو تیپ اصلی طبقه‌بندی کرد: سنگی و سنگریزه‌ای. در این منطقه، تیپ اول شامل گروه‌های اکولوژیک سه و پنج است و تیپ دوم توسط گروه‌های اکولوژیک دو و چهار نشان داده می‌شود.

امروزه بررسی روابط پوشش گیاهی و عوامل محیطی با استفاده از روش‌های آنالیز گرادیان انجام می‌شود. بدین منظور در این تحقیق از آنالیز افزونگی (RDA) برای آزمون روابط گونه‌های گیاهی در هر کدام از گروه‌های اکولوژیک و عوامل محیطی اندازه‌گیری شده استفاده شد. عوامل مربوط به محور اول و دوم رسته‌بندی، به ترتیب 78٪ و 18٪ از تغییرات پراکنش گونه‌های گیاهی را توجیه می‌کنند. محور یک RDA همبستگی معنی‌داری با رس، شن، pH، ماده آلی، رطوبت اشباع، آهک خاک و شیب دارد، در حالی که محور دو RDA تنها با سیلت خاک همبستگی معنی‌داری دارد. این گرادیان‌ها همبستگی نزدیکی با دو محور اول RDA داشته و در مجموع بیانگر 96٪ از روابط گونه - عوامل محیطی در بین گروه‌های اکولوژیک مراتع زیرکوه قاین است.

بافت خاک از جمله عوامل مهم در تفکیک گروه‌های اکولوژیک محسوب می‌شود. این نتیجه، مشابه نتیجه تحقیقات عبادی و ال شیخ (2002) و داویس و همکاران (2007)

بود. بافت خاک بر روی نفوذ و نگهداشت آب و قابلیت دسترسی به آب و مواد غذایی در گیاهان اثر می‌گذارد (36). درصد ذرات خاک (بافت خاک)، پراکنش مکانی رطوبت خاک را تعیین می‌کند (7). همانطور که در جدول 2 نشان داده شد، با کاهش میزان درصد رس و سیلت خاک و افزایش درصد ذرات شن خاک، از میزان رطوبت خاک کاسته می‌شود. بافت خاک همچنین دینامیک، تشکیل و تجزیه مقدار ماده آلی خاک را کنترل می‌کند (26). بافت خاک علاوه بر تاثیری که در تعیین گروه‌های گیاهی دارد، در پراکنش گونه‌های گیاهی نیز عامل موثری است که توسط آذرینوند و همکاران (1382) تایید شده است. قلیائیت خاک نیز تاثیر معنی‌داری بر روی پراکنش گونه‌های گیاهی دارد. نتیجه، مشابه با نتیجه جانیسوا (2005) و ویرتان و همکاران (2006) است. قلیائیت خاک به طور مستقیم یا غیر مستقیم رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مهمترین نقش قلیائیت خاک کنترل حلالیت عناصر غذایی در خاک است. علت بالا بودن pH خاک مراتع این منطقه، کمبود بارندگی است که این باعث تجمع بازهای تبادل‌پذیر در خاک و در نتیجه پیشرفت به سوی خاک قلیایی می‌شود (30). ماده آلی از جمله عوامل خاکی است که بر روی پراکنش گونه‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه تاثیر بسزایی داشته است. مقدار ماده آلی نقش مهمی در حاصلخیزی خاک دارد. شرف الدین و شلتوت (1985) و عبدالغنی (1998) نیز اهمیت ماده آلی در حاصلخیزی خاک را در اکوسیستم‌های خشک و بیابانی

مصر گزارش کرده‌اند. مواد آلی بسیاری از خواص فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برخی از این خواص شامل ساختمان، ظرفیت نگهداری آب، حاصلخیزی، فعالیت‌های بیولوژیکی و هوادیدگی است (30). شیخ حسینی و نوربخش (1386)، اعتقاد دارند که ماده آلی خاک نقش اساسی در تامین کربن خاک و انرژی میکروارگانیسم‌های هتروتروف دارد. از این رو ماده آلی می‌تواند از عوامل موثر بر توزیع گونه‌های گیاهی محسوب شود.

آهک خاک از جمله عوامل خاکی موثر بر حضور گونه‌های گیاهی محسوب می‌شود. معمولاً خاکی که دارای حداقل 2-3 درصد آهک قابل حل باشد، خاک آهکی نامیده می‌شود. بنابراین، گروه‌های اکولوژیک یک، دو، سه و چهار بر روی خاک‌های آهکی گسترش پیدا کرده‌اند. وجود آهک، در اسیدیته خاک موثر است. آهک، اسیدیته خاک را خنثی می‌نماید و بنابراین از عوامل محدود کننده پراکندگی و انتشار گیاهان محسوب می‌شود. آهک، قابلیت نفوذ خاک را زیاد کرده و در گرم نمودن آن موثر است (30). جعفری و همکاران (1385) آهک خاک را از مهم‌ترین خصوصیات خاکی موثر در تفکیک تیپ‌های گیاهی مراتع استان قم دانستند، این محققین اعتقاد دارند فاکتور آهک باعث بوجود آمدن ساختمان مناسب و ایجاد تغییراتی در اسیدیته خاک می‌شود، ولی اگر درصد آهک بیش از حد افزایش یابد با ایجاد سخت لایه و افزایش میزان اسیدیته و املاح در محدوده ریشه مشکلاتی را برای گیاهان بوجود می‌آورد.

رطوبت خاک تأثیر به‌سزایی بر پراکنش گونه‌های گیاهی دارد. نتیجه این تحقیق، مشابه نتیجه لو و همکاران (2006) و مونهوز و همکاران (2008) است. ساردینرو (2000)، جوامع گیاهی مراتع هامپشیر نو¹ را در طول گرادیان ارتفاعی مطالعه کرد. نتایج نشان داد که ترکیب فلورستیک و ساختار جامعه توسط رطوبت خاک کنترل می‌شود. راد و همکاران (1387) رطوبت خاک را عامل موثری بر گسترش و توسعه ریشه تاغ دانستند، از این رو رطوبت خاک بر استقرار این گونه در مراتع مورد مطالعه اهمیت زیادی دارد. شیب جزو عوامل اکولوژیک موثر بر استقرار گونه‌های گیاهی است. شیب عامل مهمی بر حضور درختچه‌های ارتفاعات شاسکوه (گروه اکولوژیک پنج) می‌باشد. شیب، به‌ویژه در ارتفاعات تأثیر عمده‌ای در استقرار و توسعه جوامع گیاهی دارد (25 و 11)، نتیجه این تحقیق مشابه نتیجه محتشم نیا و همکاران (1386) و جانیسوا (2005) است. شیب زمین بر روی میزان نفوذ و رواناب (28) و شاخص‌های شکل زمین و کارکرد زمین (29) اثر معنی‌داری دارد و از این رو بر روی رطوبت قابل دسترس گیاهان نیز عامل مهمی محسوب می‌شود. شیب تند در گروه اکولوژیک پنج مانع از تکامل خاک به طور کامل گردیده است و هر چه شیب زمین بیشتر باشد، خطر فرسایش خاک بوسیله آب بیشتر است، لذا تنها خصوصیات پستی و بلندی هستند که به عنوان عوامل موثر بر حضور این گروه به نظر می‌رسند. از این رو می‌توان گفت در مناطق

همکاران (1991) نیز گزارش شده است. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی انتخاب شده در سطح گروه‌های اکولوژیک وجود دارد. آگاهی از روابط بین عوامل محیطی و پراکنش گروه‌های اکولوژیک در این منطقه به ما کمک می‌کند که این یافته‌ها را در مدیریت، احیا و توسعه اکوسیستم‌های مرتعی خشک و نیمه خشک بکار ببریم.

دشتی، عوامل خاکی و در مناطق کوهستانی عوامل پستی و بلندی هستند که بر روی توزیع گونه‌های گیاهی نقش بسزایی دارند. استفاده از آنالیز گرادیان در این تحقیق نشان داد که روش RDA از دقت زیادی برخوردار است و می‌تواند گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی اندازه‌گیری شده را به نحو مطلوبی رسته‌بندی کرده و روابط گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی را واضح‌تر نشان دهد. کارایی روش RDA توسط وان دن ولنبرگ (1977)، سباتیر و همکاران (1989) و لبرتون و

منابع

1. Abbadi G. A. & M. A. El Sheikh., 2002. Vegetation analysis of Failaka Island (Kuwait), *Journal of Arid Environments*, 50: 153-163.
2. Abd El-Ghani M. M., 1998. Environmental correlations of species distribution in arid desert ecosystems of eastern Egypt, *Journal of Arid Environment*, 38: 297-313.
3. Austin M. P., 1968. An ordination study of a chalk grassland community, *Journal of Ecology*, 56:739-57.
4. Azarnivand H., M. Jafari, M. R. Moghaddam, A. jalili, M.A. Zare Chahouki & Gh. Zahedi Amiri, 2003. The effect of soil characteristics and elevation on distribution of two *Artemisia* species (Case study: Vard Avard, Garmsar and Semnan Rangelands), *Iranian Journal of Natural Resources*, 56(1, 2): 93-100pp. (in Persian).
5. Barnes B. V., K. S. Pregitzer & T. A. Spies, 1982. Ecological forest site classification, *Journal of Forestry*. 80: 493- 498.
6. Davies, K.W., J.D. Bates & R.F. Miller, 2006. Vegetation characteristics across part of the Wyoming big sagebrush alliance, *Journal of Rangeland Ecology & Management*, 59: 567-575.
7. El-Ghareeb R. & M. A. Shabana, 1990. Vegetation-environment relationships in the bed of Wadi El-Sheikh of southern Sinai, *Journal of Vegetatio*, 90: 145-157.
8. Enright N.J., B. P. Miller & R. Akhter, 2005. Desert vegetation and vegetation-environment relationships in Kirthar National Park, Sindh, Pakistan, *Journal of Arid Environments*, 61: 397-418.
9. Fasham, M. J. R., 1977. A comparison of nonmetric multidimensional scaling, principal components and reciprocal averaging for the ordination of simulated coenoclines and coenoplanes, *Journal of Ecology*, 58:551-61.
10. Fisher H. S. & F. A. Bemerlein, 1989; An outline for data analysis in phytosociology: past and present. *Journal of Vegetatio*, 81: 17-28.
11. Ghorbani A., A. A. Shokuhian & H. Eliasi Borujeni, 2008. Effective ecological factors in stability and degradation of vegetation in Tehran watershed. Second National Conference on World Environment Day. Tehran University. (in Persian).

12. Hill M. O., 1973. Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination, *Journal of Ecology*, 61:237-249.
13. Hill M. O. & H. G. Gauch, 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique, *Journal of Vegetatio*, 42: 47–58.
14. Jafari M., M. A. Zare Chahouki, H. Azarnivand, N. Baghestani maibodi & Gh. Zahedi Amiri, 2002. Relationship between Poshtkouh rangelands vegetative of Yazd Province and soil physical and chemical characteristics, *Iranian Journal of Natural Resources*, 55(3): 419-432. (in Persian).
15. Jafari M., M. A. Zare Chahouki, A. Tavili & A. Kohandel, 2006. Soil-vegetation relationships in rangelands of Qom province, *Journal of Pajouhesh & Sazandegi* 73: 110-116. (in Persian).
16. Janisova M., 2005. Vegetation-environment relationships in dry calcareous grassland, *Journal of Ekologia- Bratislava*, 24 (1): 25-44.
17. Julie P., 2001. A Step by Step Guide to Data Analysis using SPSS for Windows, Open University Press.
18. Kent M., 2006. Numerical classification and ordination methods in biogeography, *Journal of Progress in Physical Geography*, 30(3): 399-408.
19. Kent M. & J. Ballard, 1988. Trends and problems in the application of classification and ordination methods in plant ecology, *Journal of Vegetatio*, 78: 109-124.
20. Lebreton, J. D., R. Sabatier, G. Banco & A. M. Bacou, 1991. Principal component and correspondence analysis with respect to instrumental variables: an overview of their role in studies of structure – activity and species – environment relationships. In: Devillers J, Karcher W (eds) *Applied Multivariate Analysis in SAR and Environmental Studies*, ECSC, EEC, EAEC: Netherlands, 84–114.
21. Lu T., K. M. Ma, W. H. Zhang & 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.
22. Mesdaghi M., 2005. *Plant Ecology*, Jahad daneshgahi. Press, 187pp. (in Persian).
23. Mohtasham Nia S., Gh. Zahedi Amiri & H. Arzani, 2007. Vegetation ordination of steppic rangelands in relation to edaphical & physiographical factors, *Journal of Rangeland*. 1: (in Persian).
24. Munhoz C., J. Felfili & C. Rodrigues, 2008. Species-environment relationship in the herb-subshrub layer of a moist Savanna site, Federal District, Brazil, *Brazilian Journal of Biology*, 68(1):25-35.
25. Nazarian H. & H. Dianat Nezhad, 1997. Phytosociology of Hossein khani Gheshlagh, *Iranian Journal of Biology*, 1: 73 – 90. (in Persian).
26. Parton W. J., J. Stewart & V. C. Cole, 1988. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model, *Biogeochemistry*, 5: 109–131.
27. Rad M. H., S. R. Mirhoseini, M. A. Meshkat & M. Soltani, 2007. Effect of soil moisture on Haloxylon's root development, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(1): 112-123. (in Persian).
28. Raesian R., 1997. Investigation of effects of rainfall intensity, slope, tissue and vegetation on infiltration and runoff ratio in some of Watershed basin in Chaharmahal and bakhtyari province. M. Sc. Thesis, Isfahan University of Technology. 129pp. (in Persian).
29. Rezaei S. A. & H. Arzani, 2007. The use of soil surface attributes in rangelands capability assessment. *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 14 (2): 232-248. (in Persian).

30. Rostampour M., 2008. Investigation of vegetation- environment relationships in Zirkouh rangelands of Qaen. M. Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources. Tehran University. 180pp. (in Persian).
31. Sabatier R., J. D. Lebreton & D. Chessel, 1989. Principal component analysis with instrumental variables as a tool for modelling composition data. In: Coppi R, Bolasco S (eds) Multiway Data Analysis, Elsevier Sciences Publ: North Holland, 341–352.
32. Sardinero S., 2000. Classification and ordination of plant communities along an altitudinal gradient on the Presidential Range, New Hampshire, USA. *Journal of Vegetatio*, 148(1): 81-103.
33. Sharaf El Din A. & K. H. Shaltout, 1985. On the phytosociology of Wadi Araba in the Eastern Desert of Egypt, *Proceedings of the Egyptian Botanical Society*, 4: 1311–1325.
34. Sheikh-Hosseini A. R. & F. Nourbakhsh, 1386. The effect of soil and plant residues on net nitrogen mineralization, *Journal of Pajouhesh & Sazandegi*, 75: 127-133. (in Persian).
35. Šmilauer P., 1997. CanoDraw User's Guide 3.1. Microcomputer Power, Ithaca. USA, 887pp.
36. Sperry J. S. & U. G. Hacke, 2002. Desert shrub water relations with respect to soil characteristics and plant functional type, *Journal of Functional Ecology*, 16: 367–378.
37. ter Braak C. J. F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis, *Journal of Ecology*, 67:1167-79.
38. ter Braak C. J. F., & P. Šmilauer, 1998. CANOCO reference manual and User's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca.
39. Virtanen R., J. Oksanen, L. Oksanen & V. Y. Razzhivin, 2006. Broad-scale vegetation-environment relationships in Eurasian high-latitude areas, *Journal of Vegetation Science*, 17 (4): 519-528.
40. Wagner H. H., 2004. Direct multi-scale ordination with canonical correspondence analysis, *Journal of Ecology*, 85: 342-351.
41. Wollenberg, A. L., van den (1977). Redundancy analysis. An alternative for canonical correlation analysis. *Journal of Psychometrika*, 42: 207–219.
42. Zohary M., 1973. *Geobotanical Foundations of the Middle East*, Vols. 1 and 2. Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart, 739pp.