بررسی ارتباط عوامل اکولوژیک با پوشش گیاهی زیستگاه پلنگان، منطقه حفاظت شده آق داغ استان اردبیل

علی‌رضا نقی‌نژاد[۱*]، سیدعباس سیداخلاقی[۲] و شهریار سعیدی مهرورز[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۱۶)

چکیده

شناخت جوامع گیاهی و عوامل اکولوژیکی موثر بر استقرار گیاهان، یکی از مهمترین مسائل مدیریت حفاظت می‌باشد که در دهه‌های اخیر مورد توجه واقع شده است. پژوهش حاضر به‌منظور شناخت و درک روابط اکولوژیک پوشش گیاهی زیستگاه پلنگان واقع در منطقه حفاظت شده آق داغ استان اردبیل، انجام شده است. به‌منظور استخراج داده‌های گونه‌ای و محیطی، در مجموع ۴۵ پلات پوششی در طول یک ترانسکت با ۱۵۰۰ متر گرادیان ارتفاعی و در فواصل ارتفاعی ۱۰۰ متری برداشت شد (هر ایستگاه سه پلات) و برای به‌دست آوردن میزان فراوانی پوشش هر پلات، از مقیاس عددی Braun-Blanquet استفاده شد. تنوع فلوریستیکی، ویژگی‌های فلوری و محیطی منطقه در طول شیب ارتفاعی با استفاده از رسته‌بندی DCA و آنالیز رده‌بندی TWINSPAN مورد ارزیابی قرار گرفتند. گروه‌های ۴گانه حاصل از TWINSPAN، درنمودارهای DCA نیز به‌راحتی قابل تشخیص می‌باشند و از نظر اکولوژیکی و ویژگی‌های گونه‌ای (غنای گونه‌ای، اشکال زیستی و پراکنش جغرافیایی) به‌وسیله آنالیز ANOVA یک طرفه، متمایز می‌گردند. براساس این آنالیزها، ارتفاع و شیب مهمترین عوامل اکولوژیک تاثیرگذار بر پوشش گیاهی منطقه می‌باشند. میزان بوم‌زادی در بین کمربندهای ارتفاعی تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد اما در عوض نسبت گونه‌های یک‌ساله و عناصری با پراکنش جغرافیایی وسیع در طول شیب ارتفاعی روند معنی‌داری را آشکار می سازند. ارتباط غنای گونه‌ای و ارتفاع همانند بسیاری از سیستم‌های کوهستانی، روندی تقریبا زنگوله‌ای شکل را نشان می‌دهد که در ارتفاع ۱۸۰۰ متری دارای بیشترین غنای گونه‌ای است.

واژه‌های کلیدی: منطقه حفاظت شده، رده‌بندی پوشش گیاهی، عوامل اکولوژیک، TWINSPAN، غنای گونه‌ای، بوم‌زادی

۱. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر

۲. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گیلان، رشت

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: anaqinezhad@gmail.com

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]

[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

مقدمه

شناخت عناصر فلور هر منطقه و درک روابط اکولوژیک حاکم بر آنها، لازمه هر تحقیق پوشش گیاهی و اکولوژیک در آینده و سنگ بنای نقشه‌های پوشش گیاهی از آن منطقه می‌باشد (۳۴). مطالعه پوشش گیاهی در حل مسائل اکولوژیکی مانند حفاظت زیستی و مدیریت منابع طبیعی و ارزیابی شرایط زیست محیطی مفید بوده و براساس نتایج حاصل از آن می‌توان روند تغییرات آینده را پیش بینی کرد (۱۳ و ۲۵). گرادیان‌های ارتفاعی متشکل از تنوع وسیعی از شرایط اقلیمی و خاکی در دامنه نسبتاً کوچکی می‌باشند (۲۷) و در نتیجه می‌توان بسیاری از مطالعات در زمینه اکولوژی پوشش گیاهی را در این مناطق انجام داد (۱۹).

امروزه بررسی تاثیر متغیرهای محیطی برروی پوشش گیاهی موضوع بسیاری از مطالعات اکولوژیکی شده است (۱۷، ۳۱، ۳۹ و ۴۳). در مطالعات مزبور، متغیرهای توپوگرافیک (ارتفاع، جهت شیب و میزان شیب) و نوع خاک در ارتباط با پوشش گیاهی بررسی و مطالعه شده‌اند و برای تعیین مهم‌ترین متغیرهای محیطی موثر بر پراکنش پوشش گیاهی از روش رسته‌بندی‌های گرادیان غیر مستقیم مانند DCA و برای طبقه‌بندی پوشش گیاهی از روش TWINSPAN بهره جسته‌اند.

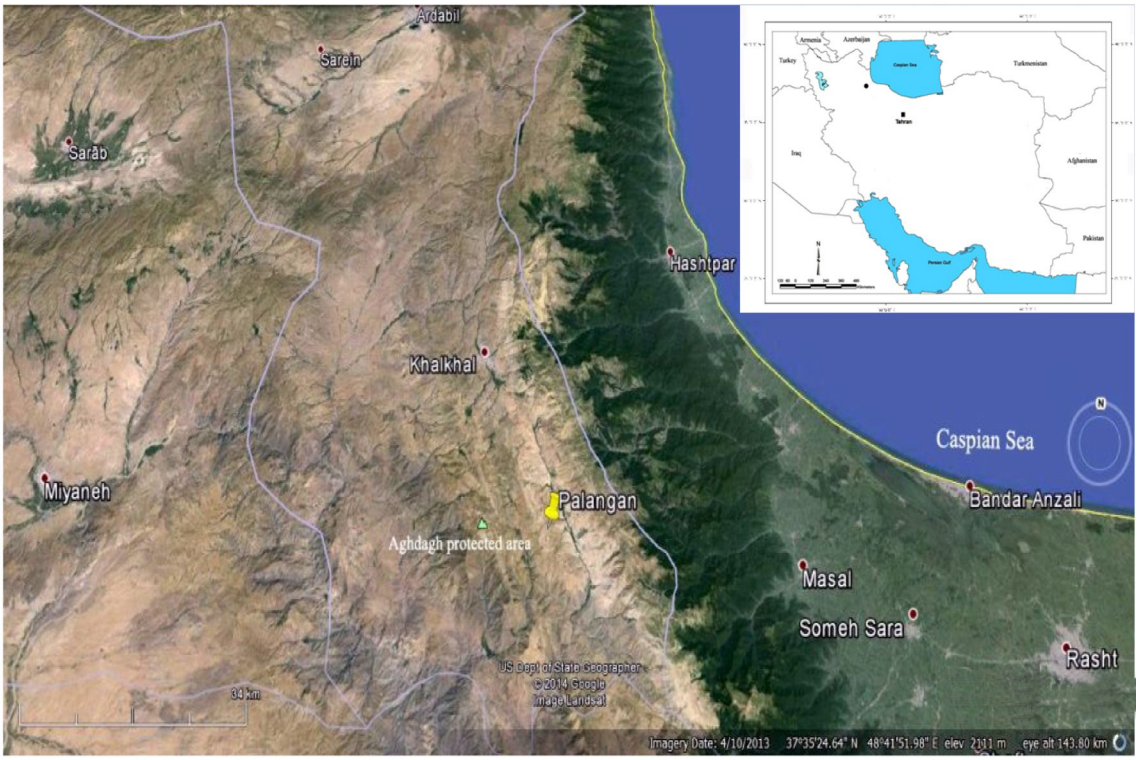
مطالعاتی در زمینه شناخت جوامع گیاهی و ارتباط عوامل محیطی با آنها در نواحی کوهستانی ایران نیز به انجام رسیده است (۹، ۲۲، ۲۳، ۳۲، ۳۵ و ۳۷). این نوع مطالعات در استان اردبیل به‌شکل بسیار محدودتری انجام شده است مانند پژوهش‌های انجام شده در جنگل‌های شرق اردبیل (۱)، اراضی ماندابی سبلان (۵)، منطقه حفاظت شده فندقلو (۶). با این وجود پژوهش‌های به انجام رسیده در ارتباط با بر هم‌کنش‌های محیطی و گونه‌ای در امتداد شیب ارتفاعی در این مناطق بسیار محدود می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر به‌صورت موردی عبارتند از: (الف) بررسی چگونگی پراکنش گروه‌های پوششی و گونه‌های گیاهی در طول گرادیان ارتفاعی، (ب) تعیین مهمترین تغییرات گونه‌ای و محیطی در طول ۱۵۰۰ متر اختلاف ارتفاع در کوه پلنگان از منطقه حفاظت شده آق داغ اردبیل (ج) تعیین ارتباط غنای گونه‌ای و ارتفاع (د) بررسی بوم‌زادی در گروه‌های پوشش گیاهی و نتیجه‌گیری در زمینه حفاظت منطقه. این نوع تحقیق برای اولین بار در این منطقه انجام می‌شود و می‌تواند سنگ بنایی برای مطالعات هدفمند در زمینه حفاظت و مدیریت حفظ منابع طبیعی در منطقه باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

زیستگاه پلنگان در ۱۰ کیلومتری جنوب شهرستان خلخال استان اردبیل در منطقه حفاظت شدهٔ آق داغ قرار دارد و دارای مختصات جغرافیایی ´۱۷ °۳۷ تا ´۲۸ °۳۷ شمالی و ´۳۴ °۴۸ تا ´۴۴ °۴۸ شرقی می‌باشد. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به‌ترتیب ۱۳۰۰ متر در حاشیه رودخانه شاهرود تا ۲۸۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه دارای جهت کلی شمال شرقی بوده و شیب متوسط آن ۲۵-۱۵ درصد می‌باشد. وسعت تقریبی منطقه بالغ بر ۱۷۵۶۸ هکتار است. در میان تمامی بخش‌های منطقه حفاظت شده آق داغ، موقعیت زیستگاه پلنگان از نظر پوشش گیاهی و حیات جانوری و حیات وحش بسیار حائز اهمیت است. متوسط بارندگی سالیانه در محدوده مطالعاتی ۳۸۵ میلی‌متر و رطوبت نسبی سالانه ۶۵ درصد می‌باشد. حداقل دمای متوسط سالانه تقریبا ۲ درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای متوسط سالانه ۱۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (ایستگاه اقلیمی خلخال براساس اطلاعات ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۵). منطقه مورد بررسی در سمت غربی رودخانه شاهرود قرار دارد. اقلیم نیمه‌خشک، ارتفاع زیاد، طولانی بودن دوره سرما، سهم زیاد کوهستان و کوهپایه و تپه ماهور نسبت به دشت و فرسایش منابع آب و خاک، موانع توپوگرافیک و ارتباط با رودخانه از ویژگی‌های بارز منطقه می‌باشد.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

جمع‌آوری داده

یک ترانسکت نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه از ارتفاع پست (۱۳۰۰ متر) تا کوهستانی (۲۸۰۰ متر) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در ترانسکت مزبور (حدود ۱۵۰۰ متر اختلاف ارتفاع)، در هر ایستگاه ارتفاعی ۱۰۰ متری، سه پلات با ابعاد ۵ × ۵ متر با فاصله ۲۰ متری از یکدیگر انتخاب و نمونه‌برداری در آنها انجام شد. ابعاد استفاده شده مطابق با سطح حداقل پیش‌بینی شده در مناطق استپی و علفزار می‌باشد (۳۴). در مجموع ۴۵ پلات برای استخراج داده‌های گونه‌ای و محیطی برداشت شد. در داخل هر پلات فهرست گیاهان موجود به‌همراه میزان فراوانی- پوشش هر گونه با استفاده از مقیاس عددی Braun-Blanquet یادداشت شد (۱۲). سپس عوامل اکولوژیکی مانند شیب، جهت شیب و میزان بهره‌برداری در هر منطقه مورد بررسی قرار گرفت. فلور منطقه (چه در داخل پلات‌های نمونه‌برداری و چه در خارج از آنها) در سالهای ۸۸ و ۸۹، مورد مطالعه قرار گرفت. تمامی نمونه‌های جمع‌آوری شده به‌طریقه علمی خشک و پرس گردید و با استفاده از فلورهای موجود به‌ویژه فلورا ایرانیکا (۴۱) شناسایی شدند و در هرباریوم دانشگاه گیلان نگهداری می‌شوند.

متغیرهای مورد استفاده در دو گروه دسته‌بندی شدند. گروه اول شامل متغیرهای مربوط به گونه‌های گیاهی و ویژگی‌های آن (شکل زیستی، اطلاعات جغرافیای گیاهی و غنای گونه‌ای) است و گروه دوم مربوط به متغیرهای محیطی (ارتفاع، شیب دامنه) می‌باشد. براساس محل نقطه رویشی گیاه (جوانه رویشی) نسبت به سطح خاک، اشکال زیستی رانکیه (کامفیت، ژئوفیت، همی کریپتوفیت، فانروفیت و تروفیت‌ها) مشخص گردیدند (۴۰). پراکنش جغرافیایی هر آرایه گیاهی از اطلاعات موجود در مونوگراف‌ها، مرورها و اطلاعات پراکنش در کتاب‌های فلور بویژه فلورا ایرانیکا (۴۱) استخراج شده است.

اصطلاحات مربوط به مناطق جغرافیای گیاهی و جدا کردن هر منطقه (اروپا- سیبری (ES)، ایرانو- تورانی (IT)،

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

مدیترانه‌ای (M)) براساس دیدگاه‌های لئونارد و زوهری بوده است (۲۹ و ۴۵). در این تحقیق یک عنصر جغرافیای گیاهی یا PE (Phytogeographic element) شامل گروهی از آرایه‌های گیاهی است که دارای مرکز پراکنش مشترکی بوده و در یک محدوده خاص از پراکنش جغرافیایی گسترده می‌باشد. PE_1 "چند ناحیه‌ای وسیع و گسترده" (آرایه‌هایی که دارای پراکنش بسیار وسیع بوده و در ارتباط با بیش از سه ناحیه جغرافیای گیاهی هستند). PE_2 "چند ناحیه‌ای با پراکنش محدودتر" (آرایه‌هایی که در دو یا سه ناحیه جغرافیای گیاهی پراکنده‌اند یعنی اروپا- سیبری/ ایرانو- تورانی (ES-IT)، اروپا- سیبری/ ایرانو- تورانی/ مدیترانه‌ای (ES-IT-M)، اروپا- سیبری/ مدیترانه‌ای (ES-M)، ایرانو - تورانی/ مدیترانه‌ای (IT-M)). PE_3 " تک ناحیه‌ای " (شامل عناصر اروپا- سیبری یا ایرانو- تورانی خالص). PE_4 " آرایه‌های بومی (اندمیک) و تقریباً اندمیک اروپا- سیبری (هیرکانی) و ایرانو- تورانی" (شامل آرایه‌های اندمیک هیرکانی و اندمیک ایرانو- تورانی در ایران یا تقریباً اندمیک در نواحی اروپا- سیبری و ایرانو- تورانی. در این تقسیم‌بندی PE4 در واقع بخشی از همان PE3 می‌باشد ولی در اینجا برای اهمیت این گروه و نشان دادن نتایج آماری، به‌صورت دسته‌ای جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند (۳۶).

غیر از مطالعه فلوریستیک و جمع‌آوری گیاهان از کل منطقه، پلات‌های نمونه‌برداری شده برای آنالیزهای رسته‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند تا به‌طور کلی سیمای حاکم بر پوشش گیاهی منطقه و تغییرات آن را در طول شیب ارتفاعی نشان دهند. این آنالیز تنها برای نشان دادن مهمترین فاکتورهای اکولوژیک اندازه‌گیری شده در منطقه می‌باشد. برای آنالیز داده‌ها دو ماتریس اطلاعاتی تهیه شد. ماتریس گونه‌ای شامل داده‌های فراوانی- پوشش گونه‌ای و ماتریس متغیرها شامل درصد حضور هر شکل زیستی و عنصر جغرافیای گیاهی، شیب دامنه و ارتفاع برای هر پلات است. البته لازم به‌ذکر است که تنها دو عامل اکولوژیک ارتفاع و شیب مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است و درصد اشکال زیستی و عناصر جغرافیای گیاهی به‌نوعی ویژگی‌های گونه‌ای را نشان می‌دهند. نرم‌افزار CANOCO 4.5 (۴۲) برای آنالیزهای رسته‌بندی مورد استفاده قرار گرفت. برای توصیف الگوی کلی در پراکنش گونه‌ای در طول شیب ارتفاعی و هم‌چنین مشخص نمودن محورهایی با بیشینه تغییرات ترکیب فلوریستیک از آنالیز رسته‌بندی غیرمحدود شده یعنی (Detrended Correspondence Analysis) DCA استفاده شد (۳۰). در این آنالیز، ارتباط گروه‌های پوشش گیاهی و گونه‌های گیاهی مرتبط با متغیرهای محیطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۲۴). در ادامه آنالیز Modified TWINSPAN (Two Way Indicator Species Analysis). با استفاده از نرم‌افزار JUICE (vers. 07) برای تقسیم‌بندی کلی پوشش گیاهی منطقه انجام گرفت. برای این آنالیز از سطوح برش ۰، ۵، ۲۵ برای مشخص کردن میزان پوشش گونه‌های دروغین استفاده شده است. با توجه به آنالیزهای متعدد و تجربه میدانی، ۴ گروه به‌عنوان بیشینه تعداد گروه‌ها درنظر گرفته شده است. برای به‌دست آوردن جدول سینوپتیک از دو معیار درصد فراوانی و میزان وفاداری (fidelity) استفاده شده است. میزان وفاداری به‌هر گروه با ضریب فی (Phi coefficient) و آزمون فیشر انجام شد. تمامی تست‌های آماری از جمله One-Way ANOVA به‌کمک نرم‌افزار (SPSS, v. 16) به انجام رسیده است.

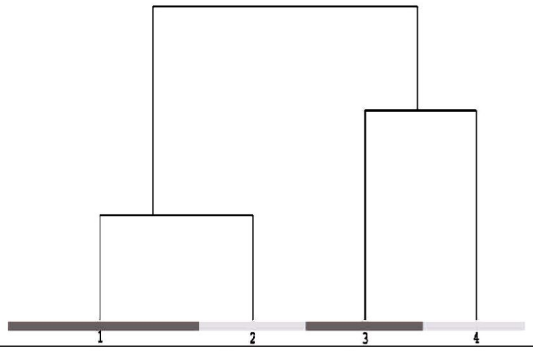
نتایج

نتایج حاصله از برداشت نمونه‌ها در فصل‌های رویشی گیاهان نشان می‌دهد که در زیستگاه پلنگان، تعداد ۳۶۲ گونه متعلق به ۲۲۰ سرده و ۵۷ خانواده از گیاهان آوندی حضور دارند. با استفاده از آنالیز رده‌بندی تجزیه‌ای TWINSPAN، پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه به چهار گروه اصلی پوشش گیاهی (جامعه گیاهی) تقسیم‌بندی شد. در گروه‌های به‌دست آمده در این روش، ضریب وفاداری (fidelity) و درصد فراوانی هر گونه مشخص شده است (جدول ۱).

گروه پوششی اول از ۱۷ پلات تشکیل شده و در محدوده

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

جدول ۱. جدول سینوپتیک گروه‌های پوششی حاصل از آنالیز TWINSPAN اصلاح شده در زیستگاه پلنگان منطقه حفاظت شده آق داغ اردبیل همراه با درخت حاصل از آنالیز ضریب وفاداری(fidelity) و درصد فراوانی هر گونه در هر گروه پوششی



Group No.	1	2	3	4
No. of relevés	17	9	10	9
Dielsiocharis kotschyi	80.2 71	--- ·	--- ·	--- ·
Gagea villosa	64.8 71	--- 22	--- ·	--- ·
Campanula stevenii	53.9 35	--- ·	--- ·	--- ·
Nepeta sp.	53.9 35	--- ·	--- ·	--- ·
Arabis caucasica	51.1 88	--- 78	--- ·	--- 11
Campanula glomerata	50.5 53	--- 22	--- ·	--- ·
Papaver bracteatum	45.4 47	--- 22	--- ·	--- ·
Adonis dentate	43.3 24	--- ·	--- ·	--- ·
Tulipa montana	--- 6	58.4 67	--- ·	--- 22
Geranium molle	--- 18	55.6 56	--- ·	--- ·
Myosotis alpestris	--- ·	55.6 67	--- ·	--- 33
Corydalis angustifolia	--- 35	54.6 67	--- ·	--- ·
Rosa iberica	--- ·	52.2 33	--- ·	--- ·
Pterocephalus canus	--- ·	52.2 33	--- ·	--- ·
Echinops pungens	--- 6	47.5 67	--- ·	--- 44
Helichrysum rubicundum	--- 6	47.5 67	--- ·	--- 44
Cousinia seidlitzii	--- 24	46.0 78	--- 10	--- 44
Salvia limbata	--- 6	45.7 33	--- ·	--- ·
Cupressus sempervirense	--- 6	45.7 33	--- ·	--- ·
Geranium persicum	--- ·	45.3 67	--- ·	31.3 56
Melica persica	27.6 65	42.9 78	--- ·	--- 22
Dianthus erythrocoleus	--- 29	42.3 67	--- ·	--- 33
lamium album	--- ·	42.0 22	--- ·	--- ·
Thesium sp.	--- ·	42.0 22	--- ·	--- ·
Linum austriacum	--- ·	42.0 22	--- ·	--- ·
Pimpinella tragium	--- ·	42.0 22	--- ·	--- ·
Rosularia persica	--- ·	40.8 33	--- ·	--- 11
Lonicera nummulariifolia	--- 71	40.7 89	--- ·	--- 56
Inula thapsoides	--- 35	40.1 67	--- ·	--- 33
Viola alba	--- ·	--- ·	65.5 50	--- ·
Rubus hyrcanus	--- ·	--- ·	65.5 50	--- ·
Adonis aestivalis	--- ·	--- ·	64.3 70	--- 22
Erodium cicutarium	--- ·	--- ·	63.8 60	--- 11
Myosotis sparsiflora	--- ·	--- ·	63.8 60	--- 11
Bunium paucifolium	--- ·	--- ·	57.7 40	--- ·
Lathyrus roseus	--- ·	--- ·	57.7 40	--- ·
Colchicum trigynum	--- ·	--- ·	57.7 40	--- ·
Erysimum crassipes	--- ·	--- ·	57.7 40	--- ·
Echium italicum	--- ·	--- ·	57.7 40	--- ·
Onobrychis altissima	--- ·	--- ·	56.4 60	--- 22
Cardaria draba	--- ·	--- ·	55.7 50	--- 11
Lepidium latifolium	--- ·	--- ·	55.7 50	--- 11
Reseda lutea	--- ·	--- 11	52.9 70	--- 33
Scabiosa persica	--- ·	--- ·	50.1 60	--- 33
Vicia variabilis	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·
Hieracium sp.	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·
Neslia apiculata	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·
Potentilla reptans	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

Ephedra intermedia	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·
Xanthium strumarium	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·
Erysimum caespitosum	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·
Asperula setosa	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·
Berberis crataegina	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·
Rhamnus pallasii	--- ·	--- ·	49.3 30	--- ·
Galium trincornutum	--- ·	--- ·	48.0 70	30.1 56
Lamium amplexicaule	--- ·	--- ·	48.0 70	30.1 56
Veronica persica	--- ·	--- ·	47.9 50	--- 22
Tripleurospermum disciforme	--- ·	--- 11	47.9 50	--- 11
Trifolium pratense	--- ·	--- ·	47.9 50	--- 22
Alyssum minus	--- ·	--- ·	47.9 50	--- 22
Anchusa italica	--- ·	--- ·	47.1 40	--- 11
Stachys inflata	--- ·	--- ·	47.1 40	--- 11
Lapsana communis	--- ·	--- ·	47.1 40	--- 11
Xanthium spinosum	--- ·	--- ·	47.1 40	--- 11
Ficaria kochii	--- ·	--- ·	47.1 40	--- 11
Salvia virgata	--- ·	--- ·	44.5 60	--- 44
Alliaria petiolata	--- ·	--- 22	44.5 60	--- 22
Dipsacus laciniatus	--- ·	--- ·	44.5 60	--- 44
Convolvulus arvensis	--- ·	--- ·	44.5 60	--- 44
Erysimum repandum	--- ·	--- 22	--- 10	73.6 89
Lappula microcarpa	--- ·	--- 22	--- 30	64.8 89
Sinapis alba	--- ·	--- ·	--- ·	61.2 44
Medicago polymorpha	--- ·	--- 11	--- 40	56.3 78
Setaria glauca	--- ·	--- ·	--- 20	54.1 56
Tussilago farfara	--- ·	--- ·	--- ·	52.2 33
Holosteum umbellatum	--- ·	--- ·	--- ·	52.2 33
Rosa hemisphaerica	--- ·	--- ·	--- ·	52.2 33
Potentilla recta	--- ·	--- ·	--- ·	52.2 33
Tulipa sp.	--- ·	--- ·	--- ·	52.2 33
Euphorbia boissieriana	--- ·	--- 11	--- 50	52.2 78
Anthemis tinctoria	--- ·	--- ·	--- 10	51.9 44
Alopecurus sp.	--- ·	--- ·	--- 10	51.9 44
Centaurea aggregate	--- ·	--- ·	--- 10	51.9 44
Cerinthe minor	--- ·	--- ·	--- 30	48.1 56
Scorzonera papposa	--- ·	--- 11	--- 20	47.5 56
Vinca herbacea	--- ·	--- 44	--- 10	45.7 67
Conringia perfoliata	--- ·	--- ·	--- 20	44.5 44
Centaurea iberica	--- ·	--- ·	--- 40	42.9 56
Colchicum kotschyi	--- ·	--- ·	--- ·	42.0 22
Papaver orientale	--- ·	--- ·	--- ·	42.0 22
Juniperus sabina	--- ·	--- ·	--- ·	42.0 22
Silene sp.	--- ·	--- ·	--- ·	42.0 22
Aethionema carneum	--- ·	--- ·	--- ·	42.0 22
Cousinia calocephala	--- ·	--- ·	--- ·	42.0 22
Phlomis pungens	--- ·	--- ·	--- ·	42.0 22
Echinops orientalis	--- ·	--- ·	--- ·	42.0 22
Bongardia chrysogonum	--- ·	--- ·	--- 10	41.8 33
Scorzonera cinerea	--- ·	--- ·	--- 10	41.8 33
Gladiolus atroviolaceus	--- ·	--- ·	--- 10	41.8 33
Silene albescens	--- ·	--- 11	--- ·	40.8 33
Anthemis triumfettii	--- ·	--- 33	--- 40	38.3 67
Glaucium corniculatum	--- ·	--- ·	--- 30	38.3 44
Gagea dubia	--- ·	--- ·	30.9 50	38.2 56
Iris reticulata	--- ·	--- ·	30.9 50	38.2 56
Centaurea gilanica	--- 6	--- 44	--- ·	38.1 56
Viola occulta	--- ·	--- 11	--- 20	37.7 44
Cichorium intybus	--- ·	--- ·	39.6 60	34.0 56
Calamagrostis pseudophragmites	--- ·	--- ·	--- 20	34.0 33
Nepeta ucrainica	--- ·	--- ·	--- 20	34.0 33
Euphorbia orientalis	--- ·	--- 11	26.5 50	33.5 56
Dactylis glomerata	--- ·	--- 11	26.5 50	33.5 56
Muscari neglectum	--- ·	--- 22	--- 40	33.1 56
Rubus sanctus	--- ·	--- 22	--- 40	33.1 56
Rosa pimpinellifolia	--- ·	--- 22	--- ·	32.5 33
Phlomis cancellata	--- ·	--- 22	--- ·	32.5 33
Nepeta cataria	--- ·	--- 22	--- ·	32.5 33
Thymus pubescens	--- ·	--- 44	--- 20	32.2 56
Dianthus crinitus	--- ·	--- 22	--- 20	31.9 44
Adonis flammea	--- 6	--- 33	--- 30	30.4 56
Poa trivialis	--- ·	--- 22	--- 50	29.2 56
Achillea millefolium	--- ·	--- 33	--- 40	28.8 56
Dichantium annulatum	--- ·	--- 44	--- 30	28.4 56
Valerianella vesicaria	--- ·	--- ·	32.3 40	--- 33
Melilotus officinalis	--- ·	--- 11	30.9 50	--- 44
Tamarix sp.	--- ·	--- ·	32.3 40	--- 33

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

Ononis spinosa	--- ·	--- ·	32.3 40	--- 33
Capsella bursa-pastoris	--- 12	--- 44	25.2 70	--- 67
Poa bulbosa	--- ·	--- 11	30.9 50	--- 44
Thlaspi arvensis	--- 6	--- 22	28.5 50	--- 33
Lepidium perfoliatum	--- ·	--- ·	35.9 50	--- 44
Senecio vulgaris	--- ·	--- 22	35.9 50	--- 22
Lallemantia iberica	--- ·	--- ·	37.5 30	--- 11
Trifolium repense	--- ·	--- ·	37.5 30	--- 11
Descurinia sophia	--- ·	--- 22	35.2 60	--- 44
Prunella vulgaris	--- ·	--- 22	35.2 60	--- 44
Androsac maxima	--- ·	--- ·	35.9 50	--- 44
Poa pratensis	--- ·	--- 33	35.2 60	--- 33
Malcolmia africana	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Daucus broteri	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Papaver dubium	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Lythrum salicaria	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Salvia verticillata	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Lathyrus aphaca	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Zosimia absinthifolia	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Inula salicina	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Hyoscyamus niger	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Onobrychis sp.	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Chenopodium botrys	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Galinsoga parviflora	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Astrodaucus orientalis	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Asperugo procumbens	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Clinopodium vulgare	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Campanula trachelium	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Stachys pubescens	--- ·	--- ·	38.9 40	--- 22
Roemeria refracta	--- ·	--- ·	38.9 40	--- 22
Malcolmia sp.	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Phlomis caucasica	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Bromus sp.	--- ·	--- ·	37.5 30	--- 11
Daucus carota	--- ·	--- ·	37.5 30	--- 11
Centaurea depressa	--- ·	--- ·	38.9 40	--- 22
Coronilla varia	--- ·	--- ·	38.9 40	--- 22
Veronica anagollis-aquatica	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Cirsium echinus	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Jasminum fruticans	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Teucrium orientale	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Paliurus spina- Christi	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Scariola orientalis	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Picnomon acarna	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Alcea calverti	--- ·	--- ·	39.7 20	--- ·
Bupleurum falcatum	--- 6	36.1 33	--- ·	--- 11
Chaerophyllum crinitum	--- 6	39.4 44	--- ·	--- 22
Bellevalia fomini	--- ·	36.5 44	--- ·	--- 33
Astragalus tricholobus	--- 24	33.2 67	--- 20	--- 44
Cirsium haussknechtii	--- ·	31.4 44	--- 10	--- 33
Aetionema grandiflorum	29.1 53	--- 44	--- ·	--- 22
Chaerophyllum macropodum	--- 6	36.1 33	--- ·	--- 11

شماره‌های ۱ تا ۴ مربوط به گروه‌های پوششی مورد مطالعه می‌باشند. برای گونه‌های معرف هر گروه پوششی تنها ضریب بالاتر از ۴۰ برای وفاداری درنظر گرفته شده است. گونه‌هایی که فاقد ضریب وفاداری معنی‌دار بودند از جدول حذف شدند.

ارتفاعی ۲۲۰۰ تا ۲۸۰۰ متری قرار دارد. این گروه شامل گونه‌های معرف *Campanula glomerata*، *Acantholimon fominii*، *Arabis caucasica*، *Adonis dentata*، *Gagea villosa*، *Nepeta* sp.، *Verbascum speciosum*، *Campanula stevenii* و *Dielsiocharis kotschyi* می‌باشد. پوشش صخره‌ای و برون‌زدگی سنگی فراوان و شیب بسیار زیاد در این گروه پوششی سبب محدودیت در رشد گیاهان می‌گردد.

گروه پوششی دوم دارای ۹ پلات می‌باشد و در محدوده ارتفاعی ۱۹۰۰ تا ۲۲۰۰ متری می‌روید. گونه‌های معرف آن عبارتند از *Astragalus tricholobus*، *Corydalis angustifolia*، *Cousinia seidlitzii*، *Myosotis alpestris*، *Onobrychis cornuta*، *Pimpinella tragium*، *Pterocephalus canus*، *Rosa iberica*، *Tulipa montana*. در این جامعه نیز برون‌زدگی‌های صخره‌ای فراوان قابل مشاهده می‌باشد اما

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

شکل ۲. تصاویر چهار گروه پوشش در کمربندهای ارتفاعی مختلف در زیستگاه پلنگان از منطقه حفاظت شده آق داغ اردبیل

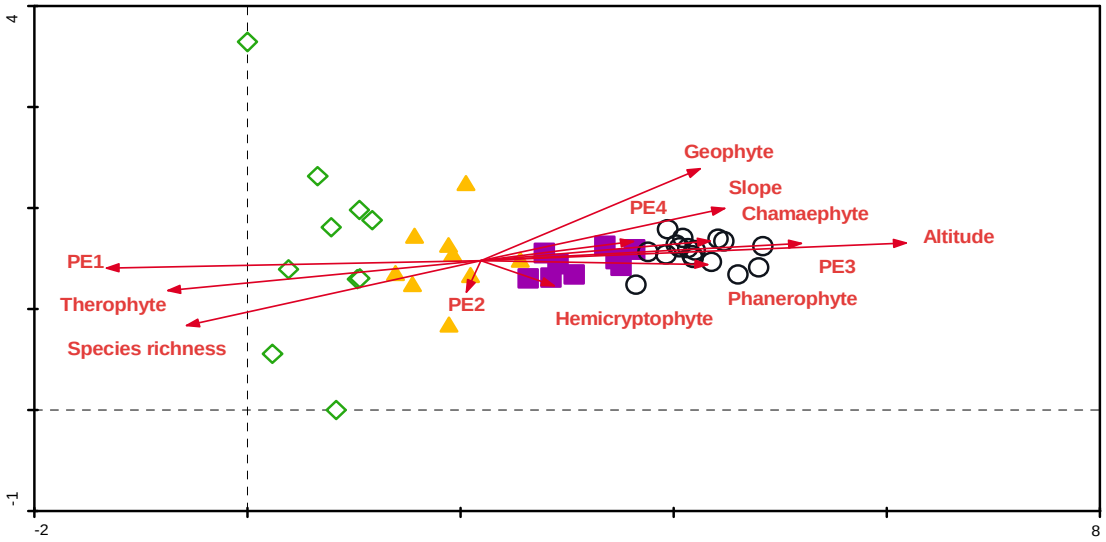
ساختار پوشش بیشترین شباهت را با پوشش‌های استپی و علفزار نشان می‌دهد.

گروه پوششی سوم دارای ۱۰ پلات و در محدوده ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ متری واقع شده است و گونه‌های معرف آن شامل *Adonis aestivalis*، *Bunium paucifolium*، *Cardaria draba*، *Colchicum trigynum*، *Echium italicum*، *Erysimum crassipes*، *Lamium amplexicaule*، *Lathyrus roseus*، *Lepidium latifolium*، *Myosotis sparsiflora*، *Onobrychis altissima*، *Reseda lutea*، *Rubus hyrcanus*، *Scabiosa persica*، *Viola alba* می‌باشد. وجود رودخانه شاهرود در این ارتفاع باعث رویش گونه‌های متفاوت و بیشتری در این محدوده ارتفاعی نسبت به ارتفاعات بالاتر می‌شود. تنوع انواع گیاهان در این ارتفاع به‌دلیل نزدیکی با رودخانه شاهرود و شرایط مساعد رطوبت، خاک مناسب و فرسایش کم برای رشد برای انواع گونه‌ها می‌باشد.

در گروه پوششی چهارم ۹ پلات مطالعه شده است و گونه‌هایی از جمله *Alopecurus* sp.، *Anthemis tinctoria*، *Centaurea aggregata*، *Crataegus orientalis*، *Erysimum repandum*، *Euphorbia seguieriana*، *Holostemum umbellatum*، *Lappula microcarpa*، *Medicago polymorpha*، *Potentilla recta*، *Rosa hemisphaerica*، *Tulipa* sp. و *Tussilago farfara* از گونه‌های معرف این گروه پوششی می‌باشند. این گروه در ارتفاع ۱۶۰۰ تا ۱۹۰۰ مترقرار گرفته است (شکل ۲).

در درخت حاصل از طبقه‌بندی TWINSPAN، گروه‌های پوششی I و II به‌علت برخورداری از گونه‌های مشترک *Acantholimon fominii*، *Aethionema grandiflorum*، *Arabis caucasica*، *Corydalis angustifolia*، *Crataegus meyeri*، *Eryngium billardieri*، *Helichrysum* sp.، *Lonicera nummulariifolia*، *Melica persica*، *Onobrychis cornuta*، *Ornithogalum persicum* در گروهی بزرگ‌تر قرار گرفته‌اند،

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]



شکل ۳. رسته‌بندی DCA قطعات نمونه برداشت شده از زیستگاه پلنگان منطقه حفاظت شده آق داغ اردبیل

تمامی متغیرها به‌صورت غیر محدود کننده روی دیاگرام نشان داده شده‌اند. ○ : گروه پوششی ۱، ■ : گروه پوششی ۲، ◇ : گروه پوششی ۳، ▲ : گروه پوششی ۴. PE1-4 : عناصر جغرافیایی گیاهی تعریف شده.

جدول ۲. نتایج عددی حاصل از آنالیز DCA برای متغیرهای مطالعه شده در زیستگاه پلنگان

محورها	۱	۲	۳	۴	اینرسی کل
ارزش محوری	۰/۶۱۸	۰/۲۳۷	۰/۱۷	۰/۱۳۵	۵/۵۶۶
طول شیب	۴/۸۳۶	۳/۶۴۵	۲/۶۹۱	۱/۸۱۶	
همبستگی گونه- محیط	۰/۹۹۳	۰/۵۴۷	۰/۴۸۱	۰/۵۰۸	
درصد تجمعی واریانس داده‌های گونه‌ای	۱۱/۱	۱۵/۴	۱۸/۴	۲۰/۸	
درصد تجمعی واریانس داده های روابط گونه- محیطی	۲۹/۳	۳۲/۲	۰	۰	
جمع ارزش محوری					۵/۵۶۶

در حالی‌که وجود گونه‌هایی مانند *Anthemis triumfettii*، *Euphorbia seguieriana*، *Gagea dubia*، *Galium trincornutum*، *Iris reticulata*، *Mentha longifolia*، *Poa bulbosa*، *Poa pratensis*، *Salvia virgata* و *Senecio vulgaris* دو گروه پوششی III و IV را در گروه جداگانه‌ای قرار می‌دهد.

چهار گروه پوششی حاصل از رده‌بندی TWINSPAN به‌خوبی در دیاگرام رسته‌بندی DCA نیز قابل تفکیک می‌باشد (شکل ۳). با استفاده از آنالیز شیب غیر مستقیم DCA روی اطلاعات گونه‌ای و متغیرهای محیطی، شیبی از تغییرات فلوریستیک روی دیاگرام رسته‌بندی مشاهده می‌شود که این شیب در ارتباط تنگاتنگ با تغییرات ارتفاعی است. ارزش محوری (eigenvalue) برای دو محور اول آنالیز DCA به‌ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۲۴ است که این دو به‌طور کلی ۱۵/۴ درصد کل تغییرات گونه‌ای را شرح می‌دهند (جدول ۲). بیشترین تغییرات روی فلور پلات‌های مطالعه شده در روی محور اول DCA قابل مشاهده است به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع، میزان فانروفیت‌ها، ژئوفیت‌ها و کاموفیت‌ها افزایش، اما در مقابل میزان یک‌ساله‌ها (تروفیت‌ها) کاهش می‌یابد.

ارتفاع با پراکنش جغرافیایی گونه‌ها نیز مرتبط است به‌طوری‌که گونه‌هایی که معمولاً دارای پراکنش‌های گسترده‌تر

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

هستند در ارتفاعات پایین‌تر متمرکزند و گونه‌های با پراکنش‌های محدودتر در ارتفاعات بالا مستقرند. گونه‌هایی از گروه پوششی I مثل *Adonis dentate*، *Tulipa biflora*، *Arabis caucasica*، *Ficaria kochii*، *Helichrysum rubicundum*، در بالاترین ارتفاع حضور داشتند و گونه‌هایی از گروه پوششی III مانند *Setaria glauca*، *Veronica persica*، *Inula dysenterica*، *Androsace maxima*، *Lapsana commonis*، *Poa bulbosa* درپایین‌ترین ارتفاع حضور داشتند. تغییرات فلور منطقه در طول شیب ارتفاعی و در ارتباط با گروه‌های پوششی در دیاگرام گونه‌ای DCA نشان داده می‌شود (شکل ۴).

غنای گونه‌ای بین ارتفاع ۱۳۰۰ تا ۱۸۰۰ متر روندی نسبتاً صعودی داشته و سپس روندی نزولی می‌یابد. بنابراین حداکثر غنای گونه‌ای در ارتفاعات میانی است و منحنی غنای گونه‌ای و ارتفاع به‌شکل کوهانی و یا تقریباً صاف- کوهانی دارد (شکل ۵).

به‌منظور بررسی تغییرات متغیرهای محیطی و گونه‌ای (اشکال زیستی و عناصر جغرافیای گیاهی) در بین گروه‌های پوششی حاصل از TWINSPAN ، از آنالیز ANOVA یک‌طرفه استفاده شده است. در این آنالیز همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد هر دو فاکتور محیطی ارتفاع و میزان شیب بین گروه‌های پوشش گیاهی کاملاً معنی‌دار بودند ($P<0.001$). از متغیرهای گونه‌ای، غنای گونه‌ای، درصد کاموفیت، فانروفیت، تروفیت و PE1 ، PE2 و PE3 بین گروه‌های پوششی معنی‌دار بودند (جدول ۳).

بحث و نتیجه‌گیری

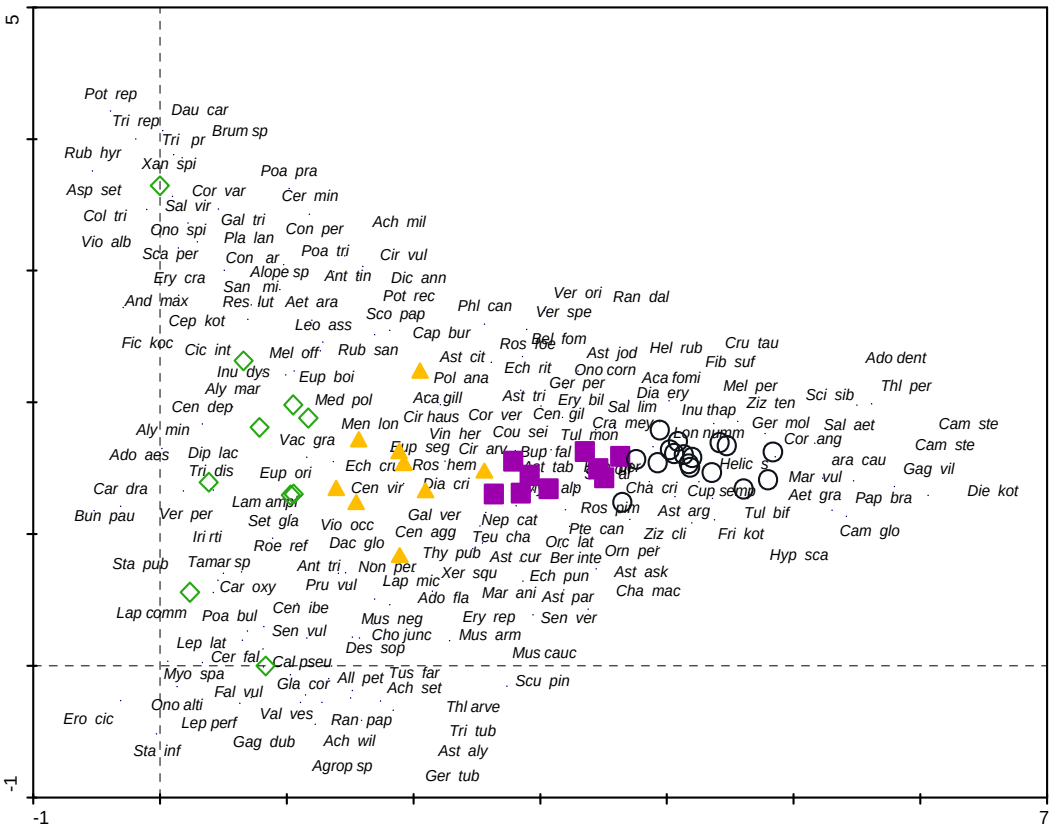
تاکنون مطالعات جامع فلور و پوشش گیاهی در منطقه حفاظت شده آق داغ و به‌ویژه در زیستگاه پلنگان که بخش بسیار مهمی از این منطقه می‌باشد صورت نگرفته است. این مطالعه که با هدف بررسی ویژگی‌های اکولوژیک پوشش گیاهی در طول شیب ارتفاعی پلنگان به انجام رسیده است درصدد شناخت گروه‌های پوشش گیاهی در گرادیان ارتفاعی و نقش عوامل گونه‌ای و محیطی در جدا کردن آنها می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در تقسیم‌بندی‌های اکولوژیک- فیزیونومیک ارائه شده توسط فرای و پرابست (۱۸) در دسته ریختارهای علفی و استپی، کوسنی قرار می‌گیرد و به‌دلیل برخورداری از تاثیرات دو منطقه فیتوجغرافیایی ایرانو- تورانی و اروپا- سیبری دارای تنوع پوششی و گونه‌ای فراوان می‌باشد (۳ و ۴۵). حضور ۳۶۲ گونه متعلق به ۲۲۰سرده و ۵۷ خانواده از گیاهان آوندی در زیستگاه پلنگان (۴) که بخش کوچکی از منطقه حفاظت شده آق داغ در استان اردبیل می‌باشد، نشان‌دهنده تاثیر حفاظت و حمایت در بالابردن غنای گونه‌ای و تنوع زیستی در منطقه می‌باشد.

در تحقیق حاضر گروه‌های پوشش گیاهی به‌دست آمده در آنالیزهای TWINSPAN به نوعی گروه‌های گونه‌ای اکولوژیک محسوب می‌شود و تطابق کاملی با گروه‌های تفکیکی در آنالیز رسته‌بندی DCA دارند. این موضوع بیانگر ارتباط بسیار زیاد TWINSPAN و آنالیز DCA می‌باشد که نشان‌دهنده وجود شیب اکولوژیک در منطقه است (۲۳ و ۳۵).

نکته حائز اهمیت در تطابق نسبی گروه‌های مختلف پوششی با کمربندهای ارتفاعی مختلف در منطقه است به‌طوری‌که کمربند اول ارتفاعی (۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ متر) با گروه پوششی سوم، کمربند دوم (۱۶۰۰-۱۹۰۰ متر) با گروه پوششی چهارم، کمربند ارتفاعی سوم (۱۹۰۰ تا ۲۲۰۰ متر) با گروه پوششی دوم و بالاترین کمربند ارتفاعی (۲۲۰۰ تا ۲۸۰۰ متر) مرتبط با گروه پوششی اول می‌باشد. با توجه به اینکه برای توصیف جوامع گیاهی براساس استانداردهای تعریف شده توسط براون- بلانکه (۱۲) نیاز به بررسی‌های همه جانبه روی تمامی جوامع کوهستانی و استپی و گونه‌های شاخص آنها دارد، در این مطالعه تنها به ذکر نام گروه‌های اصلی پوششی اکتفا شده است.

با توجه به رسته‌بندی اطلاعات پلات و گونه در DCA، ارتفاع مهمترین عامل محیطی موثر در محور اول بوده است و نقش بسیار مهمی در پوشش گیاهی و تفکیک گروه‌های پوششی دارد که مطابق با یافته‌های سایر محققین می‌باشد (۱۶ و ۳۶). وجود یک‌ساله‌ها در ارتفاعات پست نشان‌دهنده افزایش

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]



شکل ۴. دیاگرام DCA گونه‌ای در منطقه براساس چهار گروه پوششی

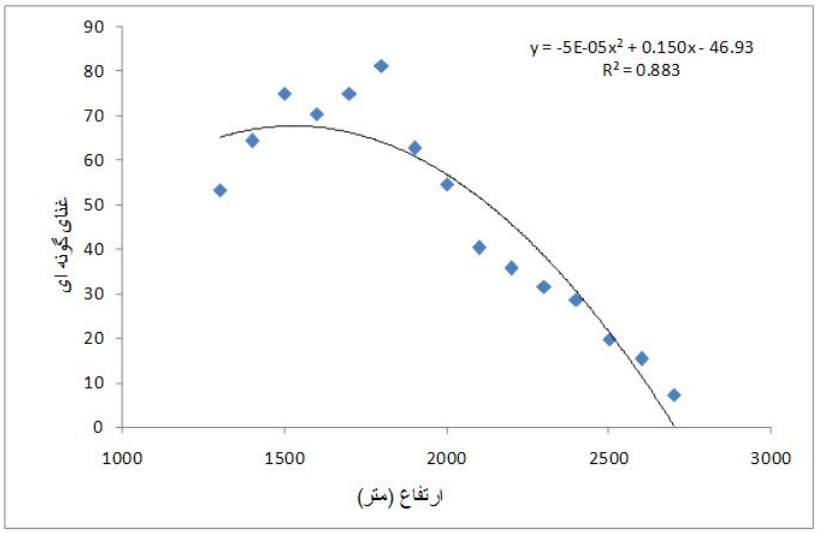
تنها گونه‌های با وزن بالاتر از ۱۰ ٪ در نمودار نشان داده شده‌اند. روی محور افقی از سمت منفی به‌سمت مثبت ارتفاع در حال افزایش است.

○: گروه پوششی۱، ■ : گروه پوششی ۲، ◇ : گروه پوششی ۳، ▲ : گروه پوششی ۴. سه حرف اول جنس و سه حرف اول صفت گونه‌ای برای نشان دادن گونه‌ها در نمودار استفاده شده است که در زیر نام کامل آنها می‌آید.

Acantholimon fominii, Acantholimon gilliatii, Achillea millefolium, Achillea setacea, Acroptilon repens, Adonis aestivalis, Adonis dentate, Adonis flammea, Aethionema carneum, Aetionema grandiflorum, Ajuga comata, Alcea calverti, Alliaria petiolata, Alyssum minus, Anchusa italica, Androsac maxima, Anthemis tinctoria, Anthemis triumfettii, Arabis caucasica, Arctium lappa, Asperula setosa, Asperula arvensis, Asperugo procumbens, Astragalus tabrizianus, Astragalus citrinus, Astragalus alopecias, Astragalus tricholobus, Astrodaucus orientalis, Asyneuma pulchellum, Berberis integerrima, Bongardia chrysogonum, Buchingera axillaris, Bupleurum falcatum, Campanula glomerata, Campanula stevenii, Campanula trachelium, Capsella bursa-pastoris, Cardus pycnocephalus, Carthamus oxyacantha, Chaerophyllum crinitum, Centaurea aggregate, Centaurea depressa, Centaurea iberica, Centaurea virgata, Cephalaria kotschyi, Ceratocephalus falcata,Chondrilla juncea, Cerinthe minor, Cichorium intybus, Cirsium arvense, Cirsium haussknechtii, Cirsium vulgare, Clematis orientalis, Clinopodium vulgare ,Cnicus benedictus, Colchicum trigynum, Conringia orientalis, Conringia perfoliata, Consolida regalis, Consolida oliveriana, Convolvulus arvensis ,Cornus mas ,Coronilla varia, Corydalis angustifolia, Cousinia calocephala, Cousinia eriocephala, Cousinia seidlitzii, Crataegus meyeri, Crataegus orientalis, Crepis sancta, Cruciata taurica, Crupina crupinestrum, Cupresuss sempervirense, Daucus carrota, Descurinia sophia, Dianthus crinitus, Dipsacus laciniatus, Dielsiocharis kotschyi, Echinops pungens, Echinops orientalis, Echinops ritrodes, Echium italicum, Eryngium billardieri, Erodium cicutarium, Eruca sativa, Erysimum caespitosum, Euphorbia boissieriana, Euphorbia heteradenia, Euphorbia seguieriana, Falcaria vulgaris, Fibigia suffruticosa, Ficaria kochii, Fumaria densiflora, Gagea villosa, Galinsoga parviflora, Galium corniculatum, Galium verum, Geranium molle,Geranium persicum, Geranium tuberosum ,Gladiolus atroviolaceus, Glaucium corniculatum, Glaucium grandiflorum, Glycyrrhiza glabra, Haplophyllum canaliculatum, Haplophyllum acutifolium, Helichrysum rubicundum, Helianthemum salicifolium, Hypericum scabrum, Hyoscyamus niger, Inula dysenterica, Inula salicina, Inula thapsoides, Isatis cappadocica,Jurinea meda, Iris acutiloba, Jasminum fruticans, Lactuca serriola, lamium album, Lamium amplexicaule, Lappula microcarpa, Lapsana cammonis, Lathyrus aphaca, Leontodon asperrimus, Lepidium perfoliatum, Linum austriacum, Lonicera nummularifolia, Lythrum salicaria ,Malabaila secacul, Malcolmia africana , Marrubium vulgare, Medicago sativa , Melilotus officinalis, Mentha longifolia, Mespilus germanica, Muscari caucasicum, Myosotis alpestris, Myosotis sparsiflora, Myosotis stricta, Nepeta cataria, Neslia apiculata, Odontites aucheri, Onobrychis cornuta, Onopordon acanthium, Onosma olivieri, Ornithogalum persicum, Orobanche anatolica, Orobanche mutelii, Orobanche schultzi, Paliurus spina-christi, Papaver bracteatum, Papaver dubium, Papaver orientale, Papaver fugax, Pedicularis condensate, Picnomon acarna, Peganum harmala, Phlomis caucasica ,Phlomis pungens, Physalis alkekengi, Picris strigosa, Pimpinella tragium, Plantago lanceolata,

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

Plantago major, Poa bulbosa, Poa pratensis, Polygala anatolica, Polygonum persicaria, Potentilla hirta, Potentilla supina, Potentilla reptans, Prangos ferulacea, Primula macrocalyx, Prunella vulgaris, Prunus divaricata, Pterocephalus canus, Ranunculus arvensis, Ranunculus dalechanensis, Reseda lutea, Rhamnus pallasii, Roemeria refracta, Rosa foetida, Rosa iberica, Rosa pimpinellifolia, Rosularia persica, Rubus sanctus, Rubus hyrcanus, Salix alba, Salvia aristata, Salvia sclarea ,Salvia virgata, Sanguisorba minor, Scabiosa persica, Scariola orientalis, Scilla siberica, Scorzonera armeniaca, Scorzonera cinerea, Scorzonera papposa, Scrophularia gaubae, Scutellaria pinnatifida, Sedum hispanicum, Senecio vernalis,Setaria glauca, Silene albescens, Silene conoidea, Silene spergulifolia, Sinapis alba, Sisymberium irio, Sisymberium officinale, Solenanthus circinnatus, Sorbus graeca, Stachys lavandulifolia, Stachys pubescen, Steptorrhamphus tuberosus, Tamarix sp., *Tanacetum chiliophyllum, Taraxacum vulgare, Teucrium orientale, Teucrium polium, Thlaspi arvensis, Thymus pubescens,Tragopogon marginatum, Tripleurospermum disciforme,Trifolium pretense, Trifolium repense, Tulipa biberstеiniana, Tulipa biflora, Tulipa montana, Tussilago farfara, Vaccaria grandiflora, Valerianella vesicaria, Verbascum speciosum, Veronica orientalis, Veronica persica, Vicia variabilis, Vinca herbacea, Viola alba, Viola occulta, Xanthium spinosum, Xeranthemum squarrosum, Ziziphora capitata ,Ziziphora clinopodioides, Ziziphora tenuir, Zosimia absinthifolia*.



شکل ۵. تغییرات غنای گونه‌ای در طول شیب ارتفاعی در زیستگاه پلنگان از منطقه حفاظت شده آق داغ اردبیل.

مقادیر غنای گونه‌ای برای هر نقطه، برابر با متوسط غنای گونه‌ای سه پلات در هر سطح ارتفاعی می‌باشد.

مناطق تخریبی و آسیب‌پذیر توسط انسان در این مناطق می‌باشد. مطالعات صورت گرفته توسط میرزایی و همکاران (۸) تائیدی بر این نتایج است. فراوانی گیاهان همی کریپتوفیت در یک منطقه نشان‌دهنده اقلیم سرد و کوهستانی است (۱۰) که منطبق با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق است. افزایش گونه‌ای با پراکنش محدود در ارتفاعات بالاتر نشان‌دهنده تاثیرپذیری فلور منطقه از دو منطقه جغرافیایی اروپا- سیبری و ایرانی- تورانی می‌باشد که در مطالعات دیگر که در مجاورت منطقه قرار دارند نیز مشاهده شده است مانند منطقه حفاظت شده ارسباران در استان آذربایجان شرقی (۳) ، منطقه فندق لو در اردبیل (۶) و دامنه‌های سبلان در اردبیل (۵).

برطبق تحقیق حاضر، ارتباط غنای گونه‌ای با افزایش ارتفاع حالتی نزدیک به کوهانی شکل دارد (شکل ۵) که با بسیاری از مطالعات در سیستم‌های کوهستانی دیگر مطابقت نشان می‌دهد (۱۱، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۶، ۲۸ و ۳۸).

مک کین و گریتنس (۳۳) با گردآوری مجموع مطالعات در زمینه ارتباط غنای گونه‌ای در طول شیب ارتفاعی در سیستم‌های کوهستانی دنیا، به این نتیجه رسیدند که بیش از ۷۰ درصد مطالعات انجام گرفته روی گونه‌های گیاهی نشان‌دهنده سیستم کوهانی شکل (hump-back shape) غنای گونه‌ای بوده‌اند. به‌علاوه مطالعاتی نیز وجود دارند که ویژگی‌های صاف- کوهانی (low-plateau hump-back shape) و یا فلاتی

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33] [DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0] [Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۳. خلاصه‌ای از آمار (میانگین ◦ انحراف از معیار [دامنه تغییرات]) متغیرهای محیطی و گونه‌ای مورد مطالعه در میان گروه‌های پوششی منطقه کوهستانی پلنگان

	گروه ۱ (۱۷ پلات)	گروه ۲ (۹ پلات)	گروه ۳ (۱۰ پلات)	گروه ۴ (۹ پلات)	*F*	*P*
ارتفاع (متر)	۲۴۵۸/۸±۱۷۷ [۲۲۰۰–۲۷۰۰]^{a}	۲۰۴۴/۴±۱۲۳/۶[۱۹۰۰–۲۳۰۰]^{b}	۱۴۲۰/۰±۱۰۳/۳[۱۳۰۰–۱۶۰۰]^{c}	۱۷۳۳/۳±۱۰۰[۱۶۰۰–۱۹۰۰]^{d}	۱۲۹/۹۴	۰/۰۰۰
میزان شیب (°)	۵۰/۶±۱۱/۴[۳۵–۶۵]^{a}	۲۷/۸±۶/۲[۲۰–۴۰]^{b}	۲۷/۵±۷/۲[۱۵–۳۵]^{b}	۲۶/۱±۴/۹[۲۰–۳۰]^{b}	۲۶/۱۱	۰/۰۰۰
غنای گونه‌ای	۲۲±۱۰/۳[۶–۴۲]^{a}	۵۱/۲±۱۲[۳۷–۷۴]^{b}	۶۵/۶±۱۷/۹[۲۴–۸۵]^{bc}	۷۲/۸±۱۵/۹[۵۳–۱۰۱]^{c}	۳۵/۶۶۸	۰/۰۰۰
درصد کامفیت	۴/۳±۳/۴[۰/۰–۱۴]^{a}	۳/۲±۲/۸[۰/۰–۷]^{ab}	۱/۱±۱[۰/۰–۳]^{b}	۱/۹±۱/۵[۰/۰–۴]ab	۳/۸۱۳	۰/۰۱۷
درصد ژئوفیت	۷/۹±۵[۰/۰–۱۶]^{a}	۷/۱±۲/۳[۴–۱۰]^{a}	۳/۹±۲/۸[۰/۰–۱۰]^{a}	۵/۱±۴/۲[۰/۰–۱۲]^{a}	۲/۵۳۶	۰/۰۷۰
درصد همی‌کریپتوفیت	۶۷/۴±۵/۴[۵۶–۷۶]^{a}	۶۵/۹±۳/۴[۶۲–۷۱]^{a}	۷۱/۴±۹/۹[۴۸–۸۱]^{a}	۶۸/۲±۸/۹[۵۶–۷۹]^{a}	۱/۰۶۱	۰/۳۷۶
درصد فانروفیت	۱۰/۸±۲/۳[۸–۱۵]^{a}	۱۲/۱±۱/۴[۱۰–۱۴]^{a}	۵/۲±۳/۱[۱–۱۲]^{b}	۱۰/۶±۶/۱[۳–۱۸]^{a}	۷/۸۶	۰/۰۰۰
درصد تروفیت	۷/۱±۳/۵[۳–۱۶]^{a}	۸/۹±۳/۴[۵–۱۴]^{ac}	۱۸±۶/۸[۸–۲۶]^{b}	۱۲/۱±۱/۳[۱۰–۱۴]^{c}	۱۵/۰۹۴	۰/۰۰۰
PE۱ (%)	۴/۹±۳[۰/۰–۹]^{a}	۷/۴±۲/۴[۴–۱۲]^{a}	۲۴/۶±۹/۶[۱۵–۴۱]^{b}	۱۳/۸±۲/۲[۱۱–۱۸]^{c}	۳۴/۳۲۴	۰/۰۰۰
PE۲ (%)	۵۱±۷/۴[۳۹–۶۳]^{ac}	۴۳/۳±۲/۱[۴۰–۴۵]^{b}	۴۷/۲±۴/۷[۴۱–۵۵]^{cb}	۴۵/۱±۲/۴[۴۳–۵۱]^{b}	۴/۹۷۵	۰/۰۰۵
PE۳ (%)	۳۸/۸±۵/۵[۳۳–۵۱]^{ac}	۴۳/۳±۳/۴[۳۷–۴۹]^{ac}	۲۳/۷±/۷[۱۴–۳۳]^{b}	۳۷/۴±۳/۴[۳۲–۴۲]^{c}	۲۶/۶۰۷	۰/۰۰۰
PE۴ (%)	۴/۴±۳/۴[۰/۰–۱۰]^{a}	۴/۹±۲/۴[۲–۸]^{a}	۳/۲±۲/۴[۰/۰–۸]^{a}	۲/۵±۱/۹[۰/۰–۶]^{a}	۱/۵۹۲	۰/۲۰۶

مقدار **F** مربوط به تست **ANOVA** از متغیرهای مطالعه شده در هر گروه پوششی می‌باشد/ گروه‌های پوششی با حروف مشابه از نظر تست‌های مقایسه‌ای **post-hoc (Tukey)** معنی‌دار نیستند **(p>۰/۰۵)**.

شکل (low-plateau) را نیز برای غنای گونه‌ای به ثبت رسانده‌اند. کسر بسیار کمتری از مطالعات نیز روندی نزولی در غنای گونه‌ای در ارتباط با ارتفاع نشان داده‌اند. این نوع الگوها با تغییراتی نیز در سایر موجودات زنده نیز مشاهده شده است (۳۳). با وجود این الگوهای ثبت شده، همیشه نمی‌توان قانون یکسان و کلی برای همه سیستم‌های کوهستانی متصور شد زیرا الگوهای غنای گونه‌ای به‌شدت با معیارهای نمونه‌برداری، مقیاس مطالعه، نزدیکی و یا دوری سیستم کوهستانی به منابع رطوبتی، زیستگاه و میزان تخریب هم‌بستگی دارد (۳۳). به‌همین دلیل اگر عوامل مزبور را در شکل‌دهی الگوی غنای گونه‌ای سهیم بدانیم، نقش بی‌بدیل آن را در تغییر نقطه حداکثری در غنای گونه‌ای و به‌طور کلی در شکل کلی منحنی‌های غنا- ارتفاع را درک خواهیم نمود. در تحقیق حاضر الگوی مشاهده شده حالتی نیمه‌کوهانی و یا صاف- کوهانی داشته است. میزان تخریب نسبتاً بالا به‌ویژه در ارتفاعات پایین که مانعی برای برداشت پلات‌های بیشتر در ارتفاعات پایین‌تر از ۱۳۰۰ متر بود. مهمترین دلیل برای این نوع الگو می‌باشد. چه اینکه در صورت برداشت اطلاعات دقیق و دست‌نخورده از این ارتفاعات، روند کوهانی شکل به‌صورت مشخص‌تری مشاهده می‌شد. به‌طور کلی افزایش غنای گونه‌ای در ارتفاعات میانی می‌تواند به‌دلیل شرایط اقلیمی ایده‌آل برای رویش گیاهان، فرسایش خاک کمتر، اثر محدودکننده‌های جغرافیایی موسوم به تاثیر میانه (Mid-domain effect) باشد (۱۵ و ۳۳).

نشان دادن گروه‌های مختلف پوششی حاصل از TWINSPAN در آنالیز رسته‌بندی DCA و قرار دادن غیرفعال متغیرهای گونه‌ای و محیطی در نمودار نمی‌تواند به تنهایی بازتابی از تغییرات معنی‌دار آماری بین این گروه‌ها باشد. لذا از آنالیز آماری ANOVA به‌همین دلیل استفاده شد. با توجه به نتایج این آنالیز، ارتفاع و میزان شیب در بین گروه‌های پوششی معنی‌دار بود که منطبق بر نتایج به‌دست آمده توسط دیگران است که معتقدند که ارتفاع و میزان شیب از مهمترین عوامل توپوگرافی موثر در تفکیک پوشش گیاهی می‌باشند (۲، ۱۴ و ۴۴). با توجه به کوهستانی بودن منطقه، عامل ارتفاع به‌طور مستقیم با تاثیر بر عوامل محیطی دیگر بر جوامع گیاهی منطقه تاثیر می‌گذارد (۷). علی‌رغم اینکه بیشینه غنای گونه‌ای در ارتفاعات میانی رخ می‌دهد، میزان اندمیسم (معادل با PE4) رابطه مشخصی با ارتفاع ندارد و در بین گروه‌های مختلف پوششی معنی‌دار نیست. این حقیقت نشان‌دهنده پخش نسبتاً یکنواخت اندمیسم در بین کمربندهای ارتفاعی است و اهمیت هر کدام را در موضوعات حفاظتی نشان می‌دهد. برخلاف گونه‌های انحصاری با پراکنش جغرافیایی بسیار محدود، سایر عناصر با وسعت پراکنش کم (PE3) همراه با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابند و برعکس عناصر با پراکندگی وسیع جغرافیایی (PE1) بیشتر در کمربندهای ارتفاعی پایین‌تر متمرکز می‌باشند که با نتایج به‌دست آمده در سایر سیستم‌های کوهستانی منطبق است (۲۳ و ۳۶).

سپاسگزاری

از مساعدت‌ها و حمایت‌های اداره حفاظت محیط زیست شهرستان خلخال، به‌ویژه جناب آقای مهندس ساسان شمس نجاتی و کارشناسان اداره نهایت تشکر و سپاسگزاری به‌عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

۱. تیمورزاده، ع.، م. اکبری‌نیا، م. حسینی و م. طبری. ۱۳۸۳. بررسی جامعه شناسی گیاهی در جنگل‌های شرق اردبیل (اسی قران، فندقلو، حسنی و بوبینی). *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۰(۴): ۱۴۶-۱۳۵.

۲. جعفریان جلودار، ز.، ح. ارزانی، م. جعفری، ق. زاهدی و ح. آذرنیوند. ۱۳۸۷. تحلیل ارتباط بین توزیع جوامع گیاهی و عوامل

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

اقلیمی و فیزیوگرافیک با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی و رسته‌بندی در مراتع رینه. *مرتع*، ۲(۲): ۱۴۰-۱۲۵.

۳. حمزه‌ای، ب.، س. ر. صفوی، ی. عصری و ع. جلیلی. ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل فلوریستیک و توصیف مقدماتی پوشش گیاهی ذخیره‌گاه زیست کره ارسباران، شمال غرب ایران. *رستنیها*، ۱۱(۱): ۱۶-۱.

۴. سیداخلاقی، س. ع.، ش. سعیدی مهرورز و ع. نقی‌نژاد. ۱۳۹۰. بررسی ویژگی‌های فلوریستیک و محیطی زیستگاه پلنگان در منطقه حفاظت شده آق داغ استان اردبیل. *زیست شناسی کاربردی*، ۹۰: ۸۵-۵۶.

۵. شریفی، ج.، ع. جلیلی، ش. قاسم اف، ع. نقی‌نژاد و ف. عظیمی مطعم. ۱۳۹۱. بررسی فلوریستیک، شکل زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان اراضی ماندابی (wetlands)، دامنه‌های شمالی و شرقی سبلان. *تاکسونومی و بیوسیستماتیک*، ۱۰(۴): ۵۲-۴۱.

۶. عظیمی مطعم، ف.، ر. طلایی، ف. آسیابی‌زاده و م. هوشیار. ۱۳۹۰. معرفی فلور، اشکال زیستی و پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی منطقه جنگلی و حفاظت شده فندقلو (استان اردبیل). *تاکسونومی و بیوسیستماتیک*، ۹: ۸۸-۷۵.

۷. فهیمی‌پور، ا.، م. زارع چاهوکی و ع. طویلی. ۱۳۸۹. بررسی ارتباط برخی گونه‌های شاخص مرتعی با عوامل محیطی (مطالعه بخشی از مراتع طالقان میانی). *مرتع*، ۱: ۳۲-۲۳.

۸. میرزایی، ج.، م. اکبری‌نیا، م. حسینی و م. کهزادی. ۱۳۸۷. مقایسه عکس‌العمل گونه‌های علفی و چوبی به عوامل محیطی در جهت‌های مختلف جغرافیایی جنگل‌های زاگرس. *مجله علوم محیطی*، ۳(۵): ۹۴-۸۵.

9. Akhani, H., P. Mahdavi, J. Noroozi and V. Zarrinpour. 2013. Vegetation patterns of the Irano-Turanian steppe along a 3,000 m altitudinal gradient in the alborz mountains of northern Iran. *Folia Geobotanica* 48: 229-255.
10. Archibold, O. W. 1995. Ecology of world vegetation. Chapman and Hall, London, 510 p.
11. Bhattarai, Kh., O. Vetaas and J. Grytnes. 2004. Fern species richness along a central Himalayan elevational gradient, Nepal. *Journal of Biogeography* 31: 389-400.
12. Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde 3. Springer-Verlag, Vienna, 865 p.
13. Chytry, M. 2000. Formalized approaches to phytosociological vegetation classification. *Preslia* 72: 1-29.
14. Cimalova, S. and Z. Lososova. 2009. Arable weed vegetation of the northeastern part of the Czech Republic: effects of environmental factors on species composition. *Plant Ecology* 203: 45-57.
15. Colwell, R. K., C. Rahbek and N. J. Gotelli. 2004. The mid-domain effect and species richness patterns: What we learned so far? *The American Naturalist* 163: E1-E23.
16. Desalegn, W. and C. Beierkuhnlein. 2010. Plant species and growth form richness along altitudinal gradients in the southwest Ethiopian highlands. *Journal of Vegetation Science* 21: 617-626.
17. Doležal, J. and M. Šrutek. 2002. Altitudinal changes in composition and structure of mountain-temperate vegetation: a case study from the Western . *Plant Ecology* 158: 201-221.
18. Frey, W. and W. Probst. 1986. A synopsis of the vegetation of Iran. PP. 1-43. *In*: Kürschner, H. (Eds.) Contribution to the vegetation of Southwest Asia, Riechert, Wiesbaden, DE.
19. Grytnes, J. A. 2003. Species-richness patterns of vascular plants along seven altitudinal transects in Norway. *Ecography* 26: 291-300.
20. Grytnes, J. A., E. Heegaard and P. G. Ihlen. 2006. Species richness of vascular plants, bryophytes, and lichens along an altitudinal gradient in western Norway. *Acta Oecologica* 29: 241-246.
21. Guohong, W., Zh. Guangsheng, Y. Limin and L. Zhenqing. 2002. Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. *Plant Ecology* 165: 169-181.
22. Kamrani, A., A. Jalili, A. Naqinezhad, F. Attar, A. Maassoumi and S. C. Shaw. 2011. Relationships between environmental variables and vegetation across mountain wetland sites, N. Iran. *Biologia* 66: 76-87.
23. Kamrani, A., A. Naqinezhad, A. Jalilin and F. Attar. 2010. Environmnetal gradients across wetland vegetation groups in the arid slopes of western Alborz mountains, N. Iran. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 79(4): 295-304.
24. Kashian, D. M., B. V. Barnes and W. S. Walker. 2003. Ecological species groups of landform-level ecosystems dominated by jack pine in northern Lower Michigan, USA. *Plant Ecology* 166: 75-91.
25. Kent, M. and P. Coker. 1992. Vegetation Description and Analysis. Belhaven Press, London, 96 p.
26. Kharkwal, G., P. Mehrotra, Y. Rawat and Y. Pangtey. 2005. Phytodiversity and growth form in relation to altitudinal gradient in the Central Himalayan (Kumaun) region of India. *Current Science* 89: 873-878.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]

27. Körner, C. 2007. The use of altitude in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution* 22: 569-574.
28. Lee, C. B., J. H. Chun, H. K. Song and H. J. Cho. 2013. Altitudinal patterns of plant species richness on the Baekdudaegan Mountains, South Korea: mid-domain effect, area, climate and Rapoport's rule. *Ecological Research* 28: 67-79.
29. Léonard, J. 1988. Contribution a l'Etude de la Flore et de la Vegetation des Deserts d'Iran, Fascicule 8: Etude des Aires de Distribution les Phytochories, les Chorotype. Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique, 190 p.
30. Lepš, J. and P. Šmilauer. 2003. Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO. Cambridge University Press, Cambridge, 269 p.
31. Lyon, J. and N. M. Gross. 2005. Patterns of plant diversity and plant– environmental relationships across three riparian corridors. *Forest Ecology and Managament* 204: 267-278.
32. Mahdavi, P., H. Akhani and E. Van der Maarel. 2013. Species diversity and life-form patterns in steppe vegetation along a 3000 m altitudinal gradient in the Alborz mountains, Iran. *Folia Geobotanica* 48: 7-22.
33. McCain, C. M. and J. A. Grytnes. 2010. Elevational gradients in species richness. In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, 11 p.
34. Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons, New York, 547 p.
35. Naqinezhad, A., B. Hamzeh'ee and F. Attar. 2008. Vegetation–environment relationships in the alderwood communities of Caspian lowlands, N. Iran (toward an ecological classification). *Flora* 203: 567-577.
36. Naqinezhad, A., A. Jalili, F. Attar, A. Ghahreman, B. D., Wheeler, J. G. Hodgson, S. C. Shaw and A. Maassoumi. 2009. Floristic characteristics of the wetland sites on dry southern slopes of the Alborz Mts., N. Iran: The role of altitude in floristic composition. *Flora* 204: 254-269.
37. Noroozi, J., H. Akhani and W. Willner. 2010. Phytosociological and ecological study of the high alpine vegetation of Tuchal Mountains (Central Alborz, Iran). *Phytocoenologia* 40: 293-321.
38. Oommen, M. A. and K. Shanker. 2005. Elevational species richness patterns emerge from multiple local mechanisms in himalayan woody plants. *Ecology* 86: 3039-3047.
39. Pinto, J. R. R., A. T. Oliveira-Filho and J. D. V. Hay. 2006. Influence of soil and topography on the composition of a tree community in a Central Brazilian valley forest. *Edinburg Journal of Botany* 62: 69-90.
40. Raunkiaer, C. 1934. The Life Form of Plants and Statistical Plant Geography. Clarendon Press, Oxford, 632 p.
41. Rechinger, K. H. (ed.). 1963-2010**.** Flora Iranica, Vols. 1-178. Akadem. Druck-u. Verlagsanstalt, Graz.
42. Ter Braak, C. J. F. and P. Smilauer. 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Micro-computer Power, Ithaca NY, USA, 499 p.
43. Xu, Y., Y. Chen, W. Li, H. Zhou, H. Sun, Z. Li and Y. Chen. 2011. Vegetation patterns and ecological factors in the Ili River Valley, Xinjiang, China. *Nordic Journal of Botany* 29: 87-96.
44. Zhang, J. T., Y. Xi and J. Li. 2006. The relationships between environment and plant communities in the iddle part of Taihang Mountain Range, North China. *Community Ecology* 7: 155-163.
45. Zohary, M. 1973. Geobotanical Foundactions of the Middle East.2 vols. Fischer Verlag, Stuttgart, Amsterdam, 739 p.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.13.3.0]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.13.33]