مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات مرتع و بیابان ایران شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJRDR.2020.122179.1739
جلد ۲۷ شماره ۳، صفحه ۳۹۵-۳۸۵، (۱۳۹۹) شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0875.1399.27.385.80.3.1570.32

آزمون فرضیه کوهانی شکل غنای گونه‌ای-تولید در پناهگاه حیات وحش انگوران

پروانه عشوری[۱]، بهنام حمزه[۲*] و عادل جلیلی[۳]

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: hamzehee@rifr-ac.ir

۳- استاد پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۲۴

چکیده

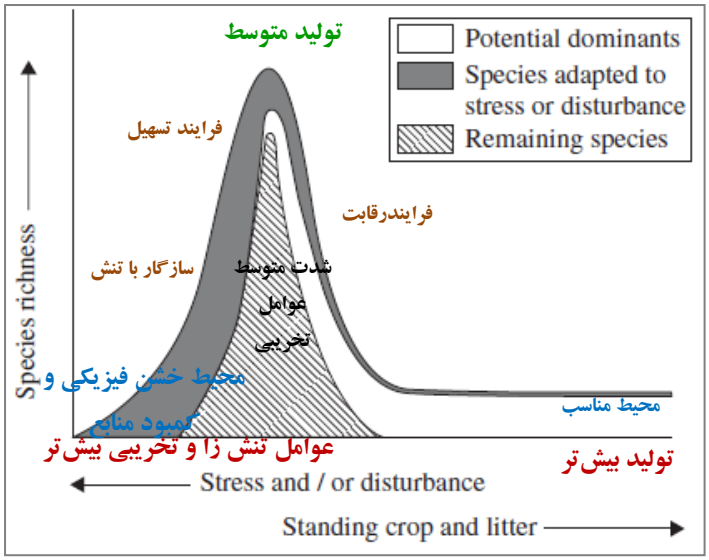
مدل اکولوژی رابطه تولید- غنای گونه‌ای بیان می‌کند که حداکثر تنوع گونه‌ای زمانی رخ می‌دهد که تولید گونه‌ای در حد متوسط باشد و یک الگوی کوهانی شکل بین تولید به‌عنوان متغیر انرژی اکوسیستم و غنای گونه‌ای وجود داشته باشد. کشف این رابطه سبب درک فرایندهای شکل‌گیری تنوع زیستی در اکوسیستم‌ها می‌شود. به‌منظور آزمون این مدل، تولید و غنای گونه‌ای در اکوسیستم نیمه‌استپی قره‌بوق در منطقه پناهگاه حیات وحش انگوران واقع در استان زنجان اندازه‌گیری شد. از همبستگی و آنالیز رگرسیون خطی و غیرخطی برای بررسی رابطه بین غنای گونه‌ای به‌عنوان متغیر وابسته و تولید به‌عنوان متغیر مستقل استفاده شد. تعداد ۴۱ گونه گیاهی در ۳۰ پلات شناسایی گردید. میزان متوسط غنای گونه‌ای در هر پلات یک مترمربعی برابر ۹ گونه محاسبه شد. درصد تولید نسبی به ترتیب ۱۵٪ به بوته‌ای‌ها، ۱۶٪ پهن‌برگان علفی و ۶۹٪ به علف‌گندمیان اختصاص یافت. بیشترین درصد حضور در پلات‌ها به گونه‌های *Astragalus stevenianus*، *Poa bulbosa*، *Stipa lessingiana* و *Bromus tomentellus* تعلق داشت. تولید کل گونه‌ها حدود ۸۳ گرم بر مترمربع محاسبه گردید. تولید بوته‌ای‌ها و پهن‌برگان علفی رابطه رگرسیونی خطی معنادار افزایشی با غنای گونه‌ای از خود نشان دادند. همچنین تولید بوته‌ای‌ها رابطه رگرسیونی غیرخطی معناداری با غنای گونه‌ای داشت که شکل نمودار کوهانی شکل را نشان دادند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که افزایش تولید سبب ازدیاد غنای گونه‌ای می‌شود و با توجه به مقادیر ضریب تبیین روابط رگرسیونی، علاوه بر عامل تولید فاکتورهای مهم دیگری نیز بر غنای گونه‌ای مؤثرند، بنابراین این فرضیه در مقیاس محلی قابل تأیید نیست.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی، گرایم، تئوری هامپ-بک، زنجان.

مقدمه

یکی از اهداف مطالعات اکولوژی فراهم کردن مدل‌های مفیدی است که چگونگی رابطه را بین اجزا اکوسیستم (مانند تنوع گونه‌ای و تولید) آشکار می‌کنند. اکولوژیست‌ها همواره به دنبال پاسخ به این سئوال بودند که چه رابطه‌ای بین تنوع زیستی و پایداری و عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی وجود دارد و چگونه عملکرد یک اکوسیستم بر تنوع و غنای گونه‌های یک اکوسیستم تأثیرگذار است. مدل کوهانی شکل (humped-back shape) Grime (۱۹۷۹) در روابط بین تولید- غنای گونه‌ای (Biomass-species richness relationship) یکی از شناخته‌شده‌ترین مدل‌های اکولوژی است که بیان می‌کند یک الگوی کوهانی شکل در حداکثر تنوع گونه‌ای زمانی رخ می‌دهد که تولید گونه‌ای در حد متوسط باشد. Grime (۱۹۷۳ و ۱۹۷۹) مشاهده کرد که در

علف‌زارهای انگلیس زیستگاه‌هایی با سطح متوسطی از زیست‌توده بیشترین تعداد گونه‌های گیاهی را دارند. او فرض کرد که یک رابطه کوهانی شکل بین غنای گونه‌ای و زیست‌توده سرپا وجود دارد. اگرچه مطالعات زیادی در جهان در این زمینه انجام شده است اما هنوز توافق نظری بر شکل رابطه بین غنای گونه و تولید گیاهان بین بوم‌شناسان وجود ندارد و انجام تحقیقات بیشتری برای تعیین شکل این رابطه مورد نیاز است. منحنی کوهانی شکل تولید– غنای گونه‌ای شامل دو مرحله افزایش و کاهش است. سازوکار پیشنهادی Grime (۱۹۷۳)، دو فرایند مختلف از تنوع گیاهی را در دو نقطه انتهایی گرادیان زیست‌توده دربر می‌گیرد. غنای گونه‌ای در سطح زیست‌توده پایین کم است و به‌دلیل وجود سطح بالایی از استرس یا آشفتگی (عوامل اختلال) و عوامل فیزیکی نامناسب، قابلیت تولید اکوسیستم پایین است و فقط تعداد کمی از گونه‌ها می‌توانند این وضعیت را تحمل کنند، در نتیجه تنوع کاهش می‌یابد. همچنین غنای گونه‌ای در سطوح با زیست‌توده بسیار زیاد به علت هم‌زیستی گونه‌های متعلق به راهبردهای مختلف گیاهی و غلبه تعداد کمی از گیاهان رقابتی قوی که می‌توانند تاج پوشش بسته‌ای را ایجاد کنند و توانایی قدرت رقابتی زیادی برای دریافت نور دارند، کم است. در نتیجه گونه‌های متحمل به تنش و علف هرز توسط گونه‌های رقابتی از بیشتر زیستگاه‌های با زیست‌توده بالا طرد می‌شوند و تنوع کاهش می‌یابد. این مدل تلاش می‌کند که تأثیرات پنج فرایند مختلف غالب بودن (طرد رقابتی، استرس محیطی، آشفتگی، اختلافات آشیانه (قلمرو) و کلنی‌سازی را بر غنای گونه‌ای بیان کند (شکل ۱).



شکل ۱– مدل کوهانی شکل غنا– زیست‌توده و اثرهای استرس و آشفتگی بر غنای گونه‌ای (منبع شکل: **Wilson *et al.*, 2000**)

رابطه میان تولید و غنای گونه‌ای از اواسط دهه ۶۰ میلادی بررسی شده است (Bhattarai *et al.*,2004). اولین مدل نظری به‌طور رسمی برای رابطه بین زیست‌توده و غنای گونه‌ای توسط Grime (۱۹۷۳) و Al-Mufti و همکارانش (۱۹۷۷) پیشنهاد شد، آنان میزان زیست‌توده سرپا و لاشبرگ گونه‌های علفی را در ۱۳ ایستگاه در منطقه شفیلد انگلیس اندازه‌گیری کردند. در ایستگاه‌هایی که گیاهان علفی تحت شرایط نسبتا غیر آشفته و حاصلخیز رشد پیدا کرده بودند حداکثر زیست‌توده سرپا در تابستان با میزان بیشتر از ۴۰۰ گرم بر مترمربع وزن خشک اندازه‌گیری شد، در حالی که در آن نقطه تعداد گونه‌های کمی شناسایی شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که قابلیت تولید برای غنای بالا در محدوده ۳۵۰ تا ۷۵۰ گرم بر مترمربع (مجموع تولید سرپا و لاشبرگ) قرار دارد. تفسیر نتایج حاصل از بررسی رابطه بین

تولید و غنا همیشه کانون بحث و مشاجره بین بوم‌شناسان بوده است. برخی بوم‌شناسان رابطه کوهانی شکل (Grim, 1973)، برخی رابطه خطی مثبت (Bai *et al.*, 2007) و برخی رابطه خطی منفی (Guo & Berry, 1998) را بین زیست‌توده و غنای گونه‌ای تجربه کرده‌اند. همچنین برخی از محققان دیگر (Gough *et al.*, 1994) هیچ رابطه مشخصی بین زیست‌توده و غنای گونه‌ای مشاهده نکرده‌اند. اگرچه استثنائاتی در این الگو وجود دارد، به‌طور کلی کشف این رابطه ابزار مفیدی برای توصیف پوشش گیاهی و پیش‌بینی واکنش به مدیریت موجود است. Moore و Keddy (۱۹۸۸) به بررسی رابطه غنای گونه‌ای و تولید در ۱۵ تالاب در شرق کانادا پرداختند. آنان مشاهده کردند که آنالیز تمامی داده‌ها سبب ایجاد یک مدل کوهانی شکل در رابطه می‌شود اما در هریک از جوامع تالابی مورد مطالعه در مقیاس محلی رابطه مشخصی تشخیص داده نشد. Bhattarai و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی رابطه تولید و غنای گونه‌ای در گراسلندهای خشک و نیمه‌خشک مناطق آلپی هیمالیا در نپال نتیجه‌گیری کردند که بیشترین غنای گونه‌ای در تولید ۱۲۰ گرم بر مترمربع دیده شده و یک رابطه کوهانی شکل در این منطقه مشاهده شد. گزارش مطالعه در مورد بررسی رابطه بین تولید و غنای گونه‌ای در جوامع مرتعی ایران بسیار محدود است. ازجمله این مطالعات تحقیقی است که Gorgin Karaji و همکاران (۲۰۰۷) در رابطه با ارزیابی غنای گونه‌ای و تولید در ساختار و عملکرد علف‌زارهای سارال کردستان انجام دادند. در این تحقیق در بخشی از علف‌زارهای سارال کردستان در دو بخش با شدت چرای متوسط (رویشگاه یک) و شدت چرای سنگین (رویشگاه دو) به بررسی رابطه غنای گونه‌ای با تولید و همچنین مدل کوهانی شکل بین غنای گونه‌ای و تولید پرداخته شده است. نتایج نشان داد که غنای گونه‌ای فقط با تولید کل رویشگاه همبستگی معنی‌دار خطی و درجه دو داشت. رابطه کوهانی شکل برای رابطه غنای گونه‌ای با تولید پهن‌برگان علفی (فرم رویشی غالب) رویشگاه دو و تولید کل منطقه تشخیص داده شد، به‌طوری‌که مبین آن است که غنای گونه‌ای وقتی در بالاترین مقدار خود قرار می‌گیرد که تولید از مقادیر کم به طرف مقادیر بالاتر افزایش پیدا کند.

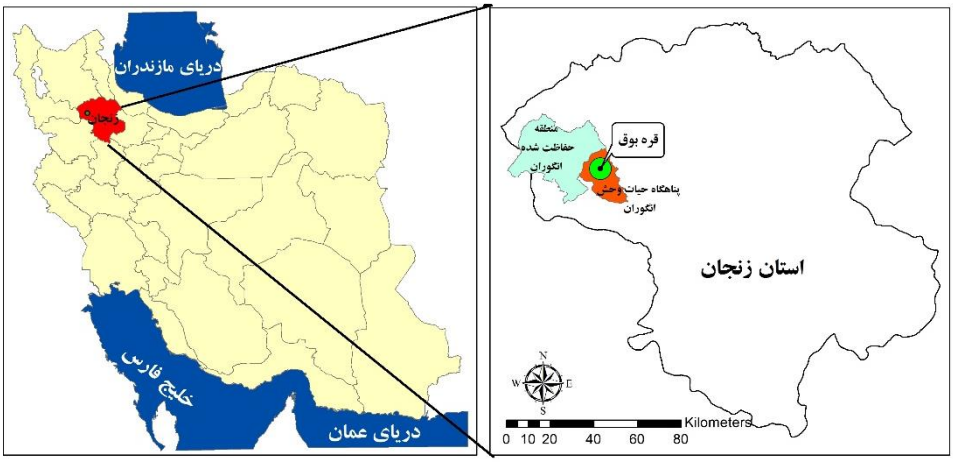
Fridley و همکاران (۲۰۱۲) بیان می‌کنند که مدل کوهانی شکل سنگ بنای بوم‌شناسی گیاهی است که با حمایت تجزیه و تحلیل مکانیکی دقیق طی ده‌ها سال ایجاد شده و به‌طور گسترده توسط حفاظت‌کنندگان گیاهی و بوم‌شناسان در احیا اکوسیستم‌ها و همچنین در نظریات بوم‌شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ادعاهای نادرست در مورد این رابطه، بر اساس یک مجموعه داده‌های نامناسب می‌تواند بی‌شک سبب دست کشیدن از این تئوری مهم شود. بنابراین این تحقیق با هدف درک سازوکارهای شکل‌دهنده غنای گونه‌ای و بررسی اثر تولید بر غنای گونه‌های گیاهی و آزمون نظریه کوهانی شکل گرایم در اکوسیستم نیمه‌استپی قره‌بوق در منطقه پناهگاه حیات وحش انگوران واقع در استان زنجان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

ایستگاه قره‌بوق زنجان در منطقه حفاظت شده انگوران در شمال‌غرب کشور، در رشته کوه‌های زاگرس، در جنوب غربی استان زنجان، شهرستان ماهنشان در مرز سه استان آذربایجان‌شرقی و غربی و کردستان واقع شده و از سال ۱۳۴۹ تحت حفاظت بوده است. بخشی از جنوب‌شرق منطقه حفاظت شده انگوران طی مصوبه شماره ۳۶۶ شورای‌عالی محیط‌زیست (کمیسیون زیربنایی دولت) در سال ۱۳۹۱ به عنوان پناهگاه حیات وحش معرفی شد. وسعت منطقه حفاظت شده انگوران ۹۲۱۸۰ هکتار و پناهگاه حیات وحش انگوران ۲۹۸۱۲ هکتار می‌باشد. این منطقه کوهستانی و تپه ماهوری با دامنه ارتفاعی ۱۲۴۰ تا ۳۳۲۰ متر بالاتر از سطح دریاست. بارندگی سالیانه در حدود ۴۵۰ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه حدود ۶ درجه سانتی‌گراد است. یک کریدور مهاجرتی از منطقه امن بلقیس در داخل منطقه حفاظت شده انگوران به سمت منطقه امن قره‌بوق در داخل پناهگاه حیات وحش انگوران برای گذار زمستانی و بهاری

قوچ و میش منطقه وجود دارد. در این تحقیق بخشی از این منطقه با مساحت حدود یک هکتار و مختصات جغرافیایی به ترتیب بین "۵۵´۳۷°۳۶ تا "۵۸´۳۷°۳۶ عرض شمالی و "۲۲´۴۷°۴۱ تا "۲۷´۴۱°۴۷ طول شرقی با گستره ارتفاعی ۱۶۸۴ تا ۱۷۲۰ متر بالاتر از سطح دریا مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۲). تیپ گیاهی غالب. *Stipa lessingiana* Trin & Rupr است. آغاز فصل رویش در منطقه قره‌بوق اواسط بهار و پایان آن اوایل مردادماه می‌باشد. برخی از گونه‌ها نیز در پاییز به مرحله بذر می‌رسند. براساس آمار داده‌های هواشناسی ایستگاه ماهنشان بیشترین میزان بارندگی در فروردین و آذر و کمترین آن در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور اتفاق افتاده است. همچنین بیشترین میزان دما در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور بوده است.



شکل ۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان

روش تحقیق

در متوسط زمان اوج مرحله رویشی گیاهان (اواسط اردیبهشت) داخل سایت یک هکتاری قره‌بوق تعداد ۳۰ پلات یک مترمربعی در طول ۲ ترانسکت برای برآورد پوشش گیاهی جای‌گذاری شدند. روش نمونه‌برداری به صورت تصادفی سیستماتیک اجرا شد. در طول هر ترانسکت تعداد ۱۵ عدد پلات با فاصله تقریبی ۱۰ متر قرار داده شد. به‌منظور تعیین زیست‌توده سرپا (above-ground plant biomass) به روش قطع و توزین همراه با اندازه‌گیری وزن لاشبرگ در هر پلات برحسب گرم بر مترمربع در هر پلات، تمامی گونه‌های گیاهی موجود در پلات قطع گردیدند. گونه‌ها براساس فرم رویشی آنها (بوته‌ای، پهن‌برگ علفی، گندمیان) جداشده و بعد همه گونه‌ها را در پاکت‌های جداگانه قرار داده و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. برای خشک کردن نمونه‌ها حداکثر ۲۴ ساعت بعد از جمع‌آوری نمونه‌ها، آنها را در آون ۷۰ درجه به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت قرار داده و پس از اطمینان از خشک شدن نمونه‌ها بلافاصله وزن خشک آنها برحسب گرم اندازه‌گیری شد. پس از شناسایی گونه‌ها در بخش گیاه‌شناسی مؤسسه، فهرست فلوریستیک ایستگاه تهیه شد. آنگاه تعداد گونه‌ها (غنای گونه‌ای)، درصد فراوانی نسبی گونه‌ها و درصد ترکیب گونه‌ها بر اساس تولید (تولید نسبی گونه‌ها) محاسبه شد. به‌منظور بررسی رابطه تولید- غنای گونه‌ای از مدل‌های رگرسیون استفاده شد. ابتدا همبستگی بین غنای گونه‌ای و تولید هریک از فرم‌های رویشی محاسبه شد، سپس از رگرسیون خطی و غیرخطی استفاده گردید.

جدول ۱- فهرست گونه‌های گیاهی در سایت قره‌بوق زنجان

نام گونه	نام خانواده	فرم رویشی	درصد ترکیب گونه‌ها بر	درصد
Ceratocephalus falcatus (L.) Pers.	Ranunculaceae	پهن برگ	۰/۰۰۳	۲/۰۹۰
Scabiosa persica Boiss.	Dipsacaceae	پهن برگ	۰/۰۰۶	۰/۸۹۶
Eryngium billardierei F. Delaroche	Apiaceae	بوته‌ای	۰/۰۰۷	۰/۵۹۷
Scandix stellata Banks. & Sol.	Apiaceae	پهن برگ	۰/۰۰۷	۱/۱۹۴
Ziziphora tenuir L.	Lamiaceae	پهن برگ	۰/۰۱۳	۲/۰۹۰
Allium sp.	Liliaceae	پهن برگ	۰/۰۱۵	۱/۱۹۴
Erysimum persepolitanum Boiss.	Brassicaceae	پهن برگ	۰/۰۳۱	۱/۱۹۴
Lappula sessiliflora Gürke	Boraginacae	پهن برگ	۰/۰۳۴	۰/۸۹۶
Thymus kotschyanus Boiss. & Hohen.	Lamiaceae	بوته‌ای	۰/۰۳۶	۰/۸۹۶
Bromus danthoniae Trin.	Poaceae	گندمی	۰/۰۴۰	۲/۹۸۵
Arabis sp.	Brassicaceae	پهن برگ	۰/۰۵۹	۳/۲۸۴
Elaeosticta glaucescens (DC.) Boiss.	Apiaceae	پهن برگ	۰/۰۷۷	۰/۸۹۶
Taeniatherum crinitum (Schreb.) Nevski	Poaceae	گندمی	۰/۰۸۹	۱/۴۹۳
Jurinea leptoloba DC.	Asteraceae	پهن برگ	۰/۰۸۹	۱/۴۹۳
Linaria lineolata Boiss.	Scrophulariaceae	پهن برگ	۰/۱۰۶	۱/۴۹۳
Bungea trifida (Vahl.) C.A.Mey.	Scrophulariaceae	پهن برگ	۰/۱۳۳	۰/۸۹۶
Echinophora sibthorpiana Guss.	Apiaceae	پهن برگ	۰/۱۳۶	۰/۸۹۶
Diptychocarpus strictus (Fisch. ex M. Bieb.) Trautv.	Brassicaceae	پهن برگ	۰/۱۶۴	۲/۳۸۸
Crupina crupinasterum (Moris) Vis.	Asteraceae	پهن برگ	۰/۱۶۷	۳/۲۸۴
Alyssum desertorum Stapf	Brassicaceae	پهن برگ	۰/۲۲۹	۳/۸۶۶
Carex divisa Huds.	Cyperaceae	گندمی	۰/۲۳۶	۱/۱۹۴
Helichrysum oligocephalum DC.	Asteraceae	بوته‌ای	۰/۲۴۳	۱/۴۹۳
Holosteum umbellatum L.	Caryophyllaceae	پهن برگ	۰/۲۶۳	۷/۴۶۳
Salvia hydrangea DC.	Lamiaceae	بوته‌ای	۰/۲۷۸	۱/۱۹۴
Lagochilus aucheri Boiss.	Lamiaceae	بوته‌ای	۰/۳۴۰	۰/۸۹۶
Dianthus orientalis Adams	Caryophyllaceae	بوته‌ای	۰/۳۶۳	۰/۸۹۶
Eremurus sp.	Liliaceae	بوته‌ای	۰/۴۴۳	۲/۰۹۰
Astragalus ebenoides Boiss.	Leguminosae	بوته‌ای	۰/۵۰۹	۲/۳۸۸
Silene marschallii C.A.Mey.	Caryophyllaceae	پهن برگ	۰/۵۷۳	۱/۴۹۳
Crucianella gilanica Trin.	Rubiaceae	بوته‌ای	۰/۷۱۴	۳/۲۸۴

نام گونه	نام خانواده	فرم رویشی	درصد ترکیب گونه‌ها بر	درصد
Cousinia sp.	Asteraceae	پهن برگ	۱/۱۳۳	۱/۴۹۳
Astragalus compactus Reiche.	Leguminosae	بوته‌ای	۱/۲۸۰	۱/۷۹۱
Pimpinella aurea DC.	Apiaceae	پهن برگ	۱/۷۳۸	۴/۱۷۹
Noaea mucronata (Forssk.) Asch. & Schweif	Chenopodiaceae	بوته‌ای	۲/۳۳۹	۲/۶۸۷
Artemisia oliveriana J. Gay ex Besser	Asteraceae	بوته‌ای	۴/۲۳۰	۱/۴۹۳
Kraschenninnkovia ceratoides (L.) Guldenst. subsp. *ceratoides var. latifolia* (Moq.) Assadi	Chenopodiaceae	بوته‌ای	۴/۴۵۶	۰/۸۹۶
Bromus tomentellus Boiss.	Poaceae	گندمی	۵/۵۹۱	۴/۱۷۹
Astragalus stevenianus DC.	Leguminosae	پهن برگ	۱۰/۸۷۱	۵/۹۷۰
Poa bulbosa L.	Poaceae	گندمی	۱۴/۴۳۵	۸/۹۵۵
Stipa lessingiana Trin. & Rupr.	Poaceae	گندمی	۴۸/۵۱۹	۸/۹۵۵

نتایج

تعداد ۴۰ گونه گیاهی در نمونه‌برداری از ۳۰ پلات یک مترمربعی در ایستگاه قره‌بوق زنجان شناسایی شدند. میزان متوسط غنای گونه‌ای در هر پلات حدود ۹ گونه محاسبه شد. با توجه به نتایج درصد ترکیب گونه‌ها بر اساس تولید (تولید نسبی) در پلات‌های برداشته شده در حدود ۱۵ درصد به بوته‌ای‌ها، ۱۶ درصد پهن‌برگان علفی و ۶۹ درصد به گندمیان اختصاص یافت (جدول ۱). بیشترین درصد حضور گونه‌های چندساله در پلات‌ها به ترتیب متعلق به گونه‌های *Stipa lessinana*، *Poa bulbosa* L.، *Astragalus stevenianus* DC. و *Bromus tomentellus* Boiss. بود. میزان تولید خشک سرپای هریک از شکل‌های رویشی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- میانگین تولید خشک سرپا و درصد تراکم نسبی تولید در ایستگاه قره‌بوق زنجان

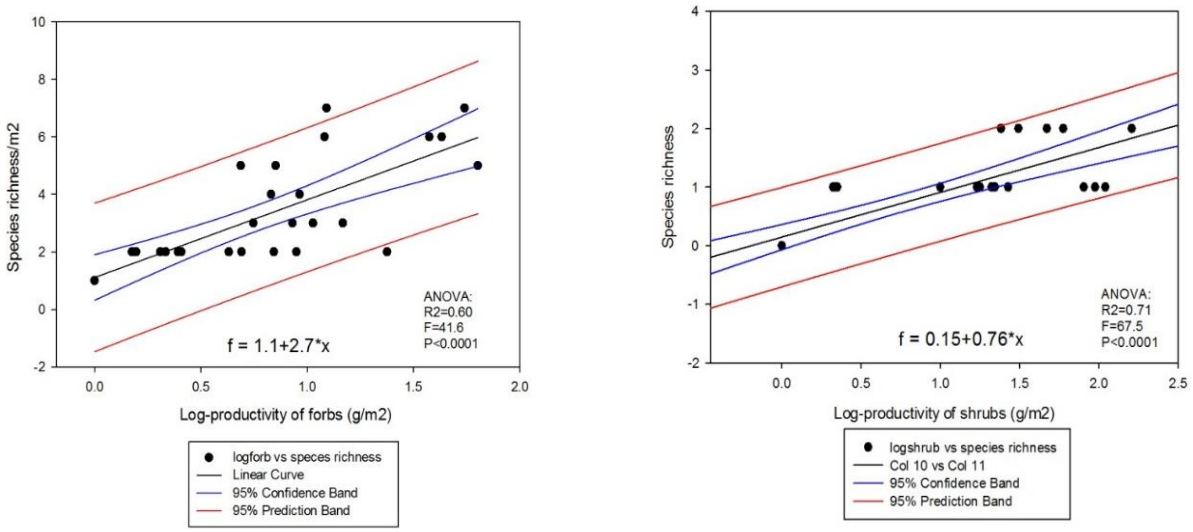
میانگین ± اشتباه معیار تولید (گرم بر متر مربع)						تراکم نسبی تولید (٪)					
علف گندمیان	پهن برگان علفی	علف گندمیان + پهن برگان علفی	بوته‌ای‌ها	لاشبرگ	تولید کل با لاشبرگ	تولید کل بدون لاشبرگ	علف گندمیان	پهن برگان علفی	بوته‌ای‌ها
۵۱ ± ۶	۱۲± ۲	۶۶± ۶	۱۱ ± ۴	۸±۱	۸۳± ۶	۷۴± ۶	۶۹	۱۶	۱۵

نتایج همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین غنای گونه‌ای و تولید نشان داد که در رویشگاه قره‌بوق زنجان غنای گونه‌ای تنها با تولید گونه‌های پهن‌برگ علفی (P=۰/۰۱ و rp=۰/۴۴) و بوته‌ای (P=۰/۰۰ و rp=۰/۶۸) رابطه معنی دار داشت. رابطه بین غنا و تولید پهن‌برگان علفی خطی معنی‌دار بود ($P<$۰/۰۰ و $R^2=$ ۰/۶۰). همچنین رابطه رگرسیونی بین تولید با بوته‌ای‌ها به‌طور خطی و غیرخطی معنی‌دار بود ($P<$۰/۰۰ و $R^2=$۰/۷۱) که در هر دو حالت دارای روند مثبت افزایشی بود و سایر شکل‌های رویشی رابطه رگرسیونی معنی‌داری با غنا نشان ندادند (جدول ۳ و شکل ۳).

جدول ۳- بررسی نتایج حاصل از برازش رگرسیون خطی بین تولید و غنای گونه‌ای در ایستگاه قره‌بوق زنجان

فرم رویشی	R2	F	P
علف‌گندمیان	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۵
پهن‌برگان علفی	۰/۲۱	۷/۸۳	۰/۰۰*
علف‌گندمیان + پهن‌برگان علفی	۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۶۷
بوته‌ای‌ها	۰/۴۵	۲۳/۰۳	۰/۰۰*
لاشبرگ	۰/۰۳	۰/۹۲	۰/۳۴
تولید کل بدون لاشبرگ	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۸۰
تولید کل با لاشبرگ	۰/۰۳	۱/۰۶	۰/۳۱

*: معناداری در سطح ($p < ۰/۰۵$)



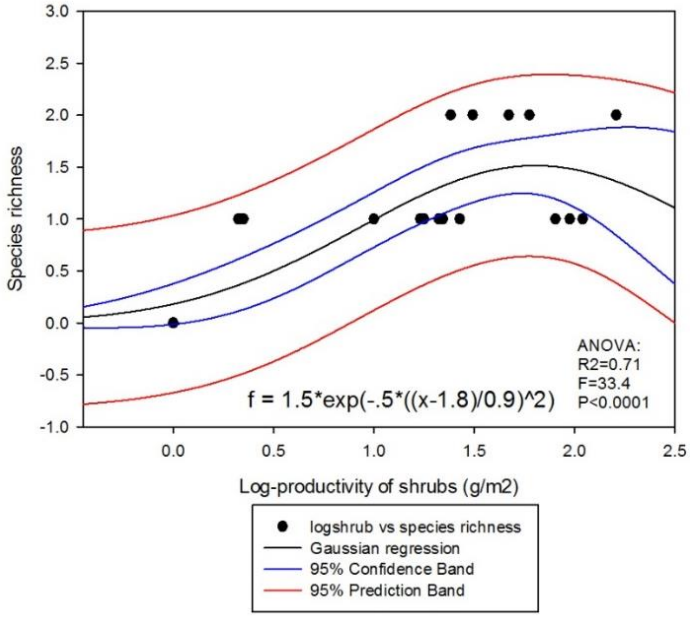
شکل ۳- رگرسیون خطی معنی‌دار بین لگاریتم تولید و فرم‌های رویشی بوته‌ای‌ها و پهن‌برگان علفی و غنای گونه‌ای

نتایج رگرسیون غیرخطی گوسی شکل نشان داد که تنها فرم رویشی بوته‌ای‌ها دارای رابطه رگرسیونی غیرخطی معنی دار با غنای گونه‌ایست ($P <۰/۰۰$)، به‌طوری‌که شکل نمودار ابتدا حالت افزایشی و بعد روند کاهشی را نشان می‌دهد. سایر فرم‌های رویشی رابطه رگرسیونی معناداری از خود نشان ندادند (شکل ۴).

بحث

این مطالعه با هدف ارزیابی رابطه غنای گونه‌ای و تولید و آزمون مدل کوهانی شکل گرایم در ایستگاه قره‌بوق زنجان اجرا شد. در مطالعه Al-Mufti و همکارانش (۱۹۷۷) تولید کمتر از ۳۵۰ گرم بر مترمربع سمت چپ منحنی هامپ‌بک را تشکیل می‌دهد، ازاین‌رو رابطه خطی افزایشی بین تولید و غنا در تولید کمتر از ۳۵۰ گرم بر مترمربع مشاهده شده است. Grime (۱۹۷۳) پیش‌بینی نمود که حداکثر غنای گونه‌ای در تولید بین ۳۵۰ تا ۷۵۰ گرم بر مترمربع دیده می‌شود. در این تحقیق میانگین کل تولید با لاشبرگ در قره‌بوق حدود ۸۳ گرم و بدون لاشبرگ حدود ۷۴ گرم بر مترمربع برآورد گردید که با توجه

به مقادیر تولید در نظریه هامپ بک گرایم، انتظار می‌رود که این ایستگاه در سمت چپ منحنی هامپ‌بک قرار گیرد. به‌عبارت دیگر باید یک رابطه خطی افزایشی بین تولید و غنا در این ایستگاه مشاهده شود.



شکل ۴- رگرسیون غیرخطی گوسی شکل بین لگاریتم تولید بوته‌ای‌ها و غنای گونه‌ای در سایت قره‌بوق

بررسی رابطه بین تولید و غنا در هریک از شکل‌های رویشی به صورت مجزا نشان داد که تنها شکل‌های رویشی پهن‌برگان علفی و بوته‌ای‌ها دارای رابطه خطی افزایشی هستند و سایر شکل‌های رویشی فاقد همبستگی معنی‌دار بوده و ضرایب رگرسیون آنها نیز معنی‌دار نمی باشد. ازاین‌رو، رابطه مشخصی بین غنا و تولید در سایر شکل‌های رویشی به‌جز پهن‌برگان علفی و بوته‌ای‌ها در ایستگاه قره‌بوق زنجان وجود ندارد. Moore و Keddy (۱۹۸۸) در بررسی رابطه غنای گونه‌ای و تولید در ۱۵ ایستگاه در شرق کانادا مشاهده کردند که آنالیز تمامی داده‌ها منجر به ایجاد یک مدل کوهانی شکل در رابطه می‌شود، در حالی‌که در هریک از ایستگاه‌های مورد مطالعه به تنهایی و در مقیاس محلی رابطه مشخصی تشخیص داده نشد. شاید یکی از دلایل عدم تأیید رابطه کوهانی شکل بین غنا و تولید در ایستگاه قره‌بوق زنجان ناشی از این است که داده‌های جمع‌آوری شده در مقیاس محلی در پلات‌ها نمی‌توانند تمام گرادیان‌های زیستگاه‌های کوچک را در مدل هامپ‌بک پوشش دهند و در عین حال این موضوع به شرایط اقلیمی نیز بسیار بستگی دارد. Guo و Berry (۱۹۹۸)، Chalcraft و همکاران (۲۰۰۴) و Pant و Lekhak (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدند که رابطه زنگوله‌ای شکل وقتی به‌وجود می‌آید که دامنه وسیعی از تولید مورد نمونه‌برداری قرار بگیرد. به‌عبارت دیگر هر ایستگاه بخش کوچکی از رابطه زنگوله‌ای شکل بین تولید و غنا را دربردارد. البته با وجود این ادعا Grytnes (۲۰۰۰) رابطه زنگوله‌ای شکل را برای دامنه باریکی از تولید و رابطه خطی را برای دامنه وسیعی از تولید گزارش نموده است. نتایج رگرسیون غیرخطی گوسی شکل نشان داد که تنها فرم رویشی بوته‌ای‌ها دارای رابطه رگرسیونی غیرخطی معنی‌دار با غنای گونه‌ای است ($P <$ ۰/۰۰) که شکل نمودار ابتدا حالت افزایشی و بعد روند کاهشی را نشان می‌دهد، شاید

این وضعیت بوته‌ای‌ها را بتوان براساس فرایند تسهیل توجیه کرد. Michalet و همکاران (۲۰۰۶) بیان می‌کنند که در مدل گرایم واکنش‌های بین گیاهان نقش مهمی در شکل‌دهی رابطه کوهانی شکل دارد اما فقط به فرایند طرد رقابتی توجه شده است. در واقع در محیط‌های تحت تأثیر استرس یا آشفتگی فیزیکی شدید، واکنش‌های مثبت مستقیم بین گیاهان افزایش می‌یابد. Brooker و Callaghan (۱۹۹۸)، بیان می‌کنند که در محیط‌های بسیار آشفته و با استرس غذایی بالا اثر واکنش‌های مثبت (تسهیل) نسبت به رقابت بیشتر دیده می‌شود. زیرا در محیط‌های خشن گیاهان دارای محدودیت در تخصیص منابع هستند و بهبود شرایط محیطی سبب رشد مطلوب گیاهان تا حدی می‌شود که بار واکنش‌های مثبت بین گیاهان بیشتر از بار منفی (رقابت) باشد. در این مطالعه با وجود مشاهده رابطه کوهانی شکل بین تولید و غنای گونه‌ای در برخی فرم‌های رویشی، با توجه به میزان پایین واریانس تبیین شده غنای گونه‌ای توسط تولید ($R2<۰/۴۵$) می‌توان بیان کرد که احتمالا فاکتورهای دیگری مانند عناصر غذایی خاک و فاکتورهای اقلیمی مانند دما و بارندگی می‌توانند تأثیر بیشتری از عامل تولید بر میزان غنای گونه‌ای اکوسیستم داشته باشند، ازاین‌رو نمی‌توان تنها با رابطه تولید و غنای گونه‌ای، الگوهای شکل‌گیری تنوع گونه‌ای را در اکوسیستم تعیین نمود. بنابراین برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر در مورد فرضیه کوهانی شکل گرایم، رابطه بین تولید و غنای گونه ای باید در مقیاسی فراتر از محلی و در زمان‌های مختلف آزمون شود تا زوایای مختلف این تئوری هرچه بیشتر آشکار شود.

سپاسگزاری

این تحقیق با همکاری و مساعدت مالی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور اجرا شده است. نویسندگان مقاله نهایت تشکر و قدردانی خود را از آقای فرهنگ جعفری به‌دلیل مساعدت‌های صحرایی اعلام می دارند. همچنین از آقای دکتر ولی‌اله مظفریان، آقای دکتر علی اصغر معصومی و سرکار خانم دکتر زیبا جمزاد به دلیل مساعدت در شناسایی گیاهان سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Al-Mufti, M. M., Sydes, C. L., Furness, S. B., Grime, J. P. and Band, S. R., 1977. A quantitative analysis of shoot phenology and dominance in herbaceous vegetation. Journal of Ecology, 65(3), 759-791.
- Bai, Y., Wu, J., Pan, Q., Huang, J., Wang, Q., Li, F., Buyantuyev, A. and Han, X., 2007. Positive linear relationship between productivity and diversity: evidence from the Eurasian Steppe. Journal of Applied Ecology 44, 1023-1034.
- Bhattarai, K., Vetaas, O. and Grytnes, J., 2004. Relationship between plant species richness and biomass in an arid sub-alpine grassland of the central Himalayas, Nepal. Folia Geobotanica, 39(1), 57-71.
- Brooker, R. W. and Callaghan, T. V., 1998. The balance between positive and negative plant interactions and its relationship to environmental gradients: a model. Oikos, 196-207.
- Chalcraft, D. R., Williams, J. W., Smith, M. D. and Willig, M. R., 2004. Scale dependence in the species-richness-productivity relationship: the role of species turnover. Ecology, 85(10), 2701-2708.
- Fridley, J. D., Grime, J. P., Huston, M. A., Pierce, S., Smart, S. M., Thompson, K. and Le Bagousse-Pinguet, Y, 2012. Comment on "Productivity Is a Poor Predictor of Plant Species Richness". Science, 335(6075), 1441.
- Gorgin Karaji, M., Karami, P., Shokri, M. and Safaian, N., 2007. Assessment of species richness and production in the structure and function of Saral rangelands in Kurdistan. Journal of Environmental Studies, 32 (1), 101-108.
- Gough, L., Grace, J.B. and Taylor, K. L., 1994. The relationship between species richness and community biomass: the importance of environmental variables. Oikos, 271-279.
- Grime, J. P., 1973. Competitive Exclusion in Herbaceous Vegetation .Nature, 242, 344 - 347.doi: 10.1038/242344a0.
- Grime, J. P., 1979. Plant strategies and vegetation processes (1 edition ed.): Wiley.
- Grytnes, J. A., 2000. Fine scale vascular plant species richness in different alpine vegetation types: relationships with biomass and cover. Journal of Vegetation Science, 11(1), 87-92.
- Guo, Q., and Berry, W. L., 1998. Species richness and

biomass: dissection of the hump-shaped relationships. Ecology, 79(7), 2555-2559.
– Michalet, R., Brooker, R. W., Cavieres, L. A., Kikvidze, Z., Lortie, C. J., Pugnaire, F. I., Valiente-Banuet, A. and Callaway, R. M., 2006. Do biotic interactions shape both sides of the humped-back model of species richness in plant communities? Ecology letters, 9, 767-773.
– Moore, D. J. and Keddy, P., 1988. The relationship between species richness and standing crop in wetlands: the importance of scale. Vegetatio, 79(1-2), 99-106.
– Pant, P. and Lekhak, H. D., 2008. Species Richness and Biomass Relationship in Burned Sites of Imperata-Saccharum Grassland in Suklaphanta Wildlife Reserve, Nepal. Ecoprint: An International Journal of Ecology, 15, 23-27.
– Wilson, J. B. and Lee, W. G., 2000. C-S-R triangle theory: community-level predictions, tests, evaluation of criticisms, and relation to other theories. Oikos, 91(1), 77-96.

Testing biomass-species richness's humped-back shape hypothesis in the Anguran wildlife refuge

P. Ashouri[1], B. Hamzehe [2*] and A. Jalili[2]

1- Assistant Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

2*-Corresponding author, Associate Professor, Botany Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: hamzehee@rifr-ac.ir

3- Professor, Botany Research Division**,** Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received:06/09/2018 Accepted:08/15/2018

Abstract

The ecological model of productivity-species richness relationships states that maximum species diversity occurs when species production is moderate, and there is a humped-back pattern between production as ecosystem energy variable and species richness. The discovery of this relationship leads to an understanding of the processes of biodiversity formation in ecosystems. To test this model, species production and richness were measured in the semi-steppe ecosystem of Gharebough in the Anguaran wildlife refuge in Zanjan province. Correlation and linear and nonlinear regression analysis were used to examine the relationship between species richness as a dependent variable and productivity as an independent variable. A total of 41 plant species were identified in 30 plots. The average species richness per plot per square meter was calculated as nine species. The relative production percentages were 15% for shrubs, 16% for forbs, and 69% for grasses. The highest percentage of presence in the plots was allocated to *Stipa lessingiana*, *Poa bulbosa*, *Astragalus stevenianus,* and *Bromus tomentellus*. The total production of the species was calculated to be 83 g/m^2. Shrub production and forbs showed a significant linear regression relationship with species richness. Also, the shrub production had a significant nonlinear regression relationship with species richness, showing a humped-back pattern. The findings of this study showed that increasing production increases species richness and according to the values of the coefficient of explanation of regression relations (R2), in addition to the production factor, other important factors play a role in species richness. Therefore, this hypothesis cannot be confirmed on a local scale.

Keywords: Biodiversity, Grime, Humped-back theory, Zanjan.