



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

شبیه سازی اثر خشکسالی و تغییر اقلیم بر ترکیب و غنای گونه‌ای

منصوره ملکیان*

* دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

mmalekian@iut.ac.ir

چکیده

از دیرباز تاثیر بلایای طبیعی بر شکل‌گیری و تغییرات تنوع‌زیستی جهانی مورد توجه محققان بوده است. در طی چند دهه آینده بر شدت و فراوانی وقوع اینگونه بلایا بدلیل تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی افزوده می‌شود. مقاله حاضر به بررسی پیامدهای خشکسالی بر تنوع گونه‌های گیاهی در سه سطح فرد، گونه و اکوسیستم می‌پردازد. در شرایط خشکسالی ترکیب گونه‌ای جوامع تغییر نموده و گونه‌هایی که تحمل پذیری بیشتری نسبت به گرما و خشکی دارند، باقی می‌مانند که باعث تغییر در تنوع گونه‌ای جامعه می‌شود. علاوه بر این خشکسالی باعث کاهش تولید در مقیاس اکوسیستم می‌شود در نتیجه غذای کمتری در اختیار گونه‌ها قرار گرفته و در اثر رقابت برخی از گونه‌ها محکوم به نابودی هستند که غنای گونه ای کاهش می‌یابد. خشکسالی باعث کاهش غنای گونه‌ای (تنوع الفا و گاما) و تغییر ترکیب گونه‌ای می‌شود. از طرف دیگر باعث افزایش شاخص یکنواختی یعنی افزایش شباهت گونه‌ای جوامع می‌گردد. به طور کلی گونه‌هایی که توانایی سازگاری با خشکی را ندارند و اکوسیستم‌هایی که به طور طبیعی تنوع اندکی دارند، آسیب پذیرترند. برای فهم بهتر تاثیرات خشکسالی بر غنای گونه ای و ترکیب گونه ای جوامع مطالعات بیشتری لازم است. مدل‌سازی و شبیه سازی شدت و فراوانی خشکسالی بر گونه های مختلف در محیط‌های آزمایشی و آزمون شدت‌های متفاوت خشکی روی گونه‌ها در درازمدت می‌تواند در زمینه برنامه‌ریزی‌های آینده برای مدیریت گونه‌ها و جوامع زیستی راهکارهای خوبی را در اختیار محققان و مدیران قرار دهد.

واژگان کلیدی: تنوع زیستی، خشکسالی، تغییر اقلیم، غنای گونه ای، یکنواختی



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

مقدمه

از دیرباز تاثیر بلایای طبیعی بر شکل‌گیری و تغییرات تنوع زیستی جهانی مورد توجه محققان بوده است. محققان بر این باورند که در طی چند دهه آینده بر شدت و فراوانی وقوع اینگونه بلایا بدلیل تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی افزوده می‌شود. کمیته جهانی تغییر اقلیم (IPCC) در گزارش خود خاطر نشان می‌کند که نتیجه فعالیت‌های انسان در طول قرن گذشته منجر به تغییر در شرایط اقلیمی کره زمین شده است. اگر روند فعالیت‌ها و انتشار گازهای گلخانه‌ای به همین شدت ادامه یابد دمای کره زمین تا سال ۲۱۰۰ بین ۱/۵ تا ۵ درجه گرم خواهد شد (۱). تغییرات دمایی حاصل بر رژیم هیدرولوژیک تاثیر گذاشته و باعث افزایش بارندگی‌ها در عرض‌های جغرافیایی بالا و دوره‌های خشکی و گرمای طولانی‌تر در مناطق جنوبی شده است (۲). تغییرات پدید آمده نگرانی‌هایی را در مورد تاثیرات بالقوه خشکسالی بر تنوع زیستی از طریق تاثیر بر تولید اکوسیستم‌ها، توزیع جغرافیایی گونه‌ها و روند انقراض آنها پدید آورده است. خشکسالی در سه سطح فرد، گونه و اکوسیستم بر تنوع زیستی تاثیر می‌گذارد (۳). بنابراین برای بررسی تاثیر خشکسالی بر تنوع زیستی می‌توان از شاخص‌های تنوع مانند غنای گونه‌ای و شاخص یکنواختی استفاده نمود.

مقاله حاضر ابتدا ساز و کارهای تحمل خشکی در موجود زنده را معرفی می‌کند و سپس به بررسی پیامدهای کوتاه مدت و درازمدت خشکسالی بر سه سطح فرد، گونه و اکوسیستم پرداخته و با ارایه مطالعات موردی از استفاده از شاخص‌های تنوع تاثیرات خشکسالی را در دو جامعه که یکی تحت تاثیر خشکسالی قرار داشته و دیگری قرار نداشته است را مقایسه می‌کند.

مواد و روش‌ها

شرح مراحل آزمایش (ها)، همراه با ارزیابی‌های آما به منظور مقایسه تاثیر بلایای طبیعی بر تنوع زیستی از داده‌های جمع‌آوری شده قبل و بعد از وقوع بلایای طبیعی (نظیر خشکسالی و سیل) استفاده می‌شود. پیامدهای کوتاه مدت و درازمدت خشکسالی بر سه سطح فرد، گونه و اکوسیستم بررسی و با استفاده از شاخص‌های تنوع نیز تاثیرات خشکسالی را در دو جامعه مقایسه می‌شود.

نتایج و بحث



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

تاثیرات کوتاه مدت و میان مدت خشکسالی بر تنوع گیاهی

خشکسالی باعث کاهش رشد، افزایش مرگ و میر و کاهش زادآوری در افراد متعلق به یک گونه می شود. افرادی که در معرض خشکسالی های طولانی قرار می گیرند، بدلیل مواجه با تنش کم آبی و کمبود مواد غذایی ضعیف و ناتوان شده و نسبت به بیماریها نیز بسیار آسیب پذیرند. بنابراین افراد متعلق به یک گونه با تغییر منطقه جغرافیایی پراکنش خود سعی در تعدیل شرایط می نمایند و آنهایی که در این امر موفق نباشند، نابود می شوند (۴). در شرایط خشکسالی ترکیب گونه ای جوامع تغییر نموده و گونه هایی که تحمل پذیری بیشتری نسبت به گرما و خشکی دارند باقی می مانند که باعث تغییر در تنوع گونه ای جامعه می شود. علاوه بر این خشکسالی باعث کاهش تولید در مقیاس اکوسیستم می شود در نتیجه غذای کمتری در اختیار گونه ها قرار گرفته و در اثر رقابت برخی از گونه ها محکوم به نابودی هستند که غنای گونه های محلی کاهش می یابد. تاثیرات کوتاه مدت و میان مدت خشکسالی در سطح فرد، گونه و اکوسیستم در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱ تاثیرات کوتاه و میان مدت خشکسالی بر تنوع زیستی در سه سطح فرد گونه و اکوسیستم (۵)

تاثیرات کوتاه مدت	
سطح فرد	کاهش رشد، کاهش نرخ زادآوری و افزایش مرگ و میر
گونه	تغییر در ترکیب گونه ای و افزایش گونه های تحمل پذیر به خشکی تغییر محدوده پراکنش گونه
اکوسیستم	کاهش تولید، کاهش عملکرد اکوسیستم، کاهش غنای محلی گونه ها تغییر در ترکیب گونه ها و روابط متقابل آنها
پیامد های میان مدت	
سطح فرد	کاهش رشد و افزایش مرگ و میر، آسیب پذیری به بیماریها، تاثیر بر بقا نوزادان
گونه	تغییر در ترکیب گونه ای و افزایش گونه های تحمل پذیر به خشکی، تغییرات تکاملی، تغییر محدوده پراکنش گونه
اکوسیستم	نوسان در تولید اکوسیستم، کاهش غنای محلی گونه ها، تغییر در ترکیب گونه ها و روابط متقابل آنها

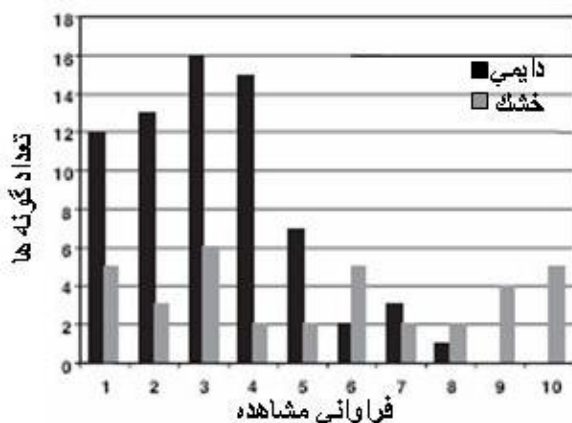


اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

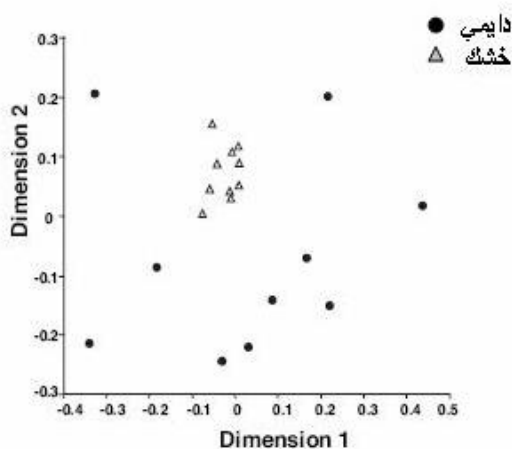
به منظور مقایسه تاثیر بلایای طبیعی بر تنوع زیستی از داده های جمع اوری شده قبل و بعد از وقوع بلایای طبیعی (نظیر خشکسالی و سیل) استفاده می شود. به عنوان مثال در یک مطالعه موردی دو منطقه که یکی تحت تاثیر خشکسالی قرار داشته و دیگری نداشته است از نظر شاخص های تنوع مقایسه می شوند. این دو منطقه اکوسیستم های تالابی بوده که یکی به صورت دائمی و پر آب و دیگری شامل آبگیر های فصلی است که بدلیل خشکسالی فقط در دوره کوتاهی و به میزان کم آب داشته است (۶). دو اکوسیستم مذکور در دوره زمانی چهار ساله پایش شده و در پایان دوره شاخص های تنوع گونه ای شامل تنوع الفا و گاما و شاخص یکنواختی (جکارد) بین دو منطقه محاسبه و مقایسه شده است. نتایج حاصل نشان داد که در دوره زمانی پایش، در مقیاس محلی در تالاب دائمی به طور متوسط ۲۳ گونه و در تالاب خشک ۲۰ گونه ثبت شد که نشان دهنده تنوع الفا کمتر در تالاب خشک می باشد. در مقیاس منطقه ای در تالاب دائمی ۷۱ گونه و در تالاب خشک فقط ۳۹ گونه مشاهده و ثبت شد که نشان می دهد تالاب خشک تنوع گاما کمتری دارد (شکل ۱). علاوه بر این بررسی ترکیب گونه ای دو جامعه نیز نشان داد که گونه هایی که خشکی را تجربه می کنند از یکنواختی بیشتری در مقایسه با جامعه دست خورده برخوردارند (شکل ۲). شرایط سخت محیطی باعث می شود که فقط گونه هایی که نسبت به خشکی و گرما مقاوم هستند باقی بمانند که این گونه ها بسیار مشابه یکدیگر هستند. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است گونه های ساکن در تالاب دائمی گوناگونی بیشتری نسبت به جامعه تالاب خشک دارند. بنابراین علاوه بر کاهش تنوع گونه ای در این اکوسیستم یکنواختی افزایش یافته است. خشکی به عنوان یک فیلتر عمل نموده و گونه ها را در محیط طبیعی تالاب حذف می کند. بنابراین گونه هایی که باقی می مانند از طریق وارد شدن به دوره نهفتگی یا خواب شرایط خشکی را پشت سر می گذارند. در اینگونه مناطق معمولاً گونه ها دوره رشد کوتاهی داشته و قبل از دوره خشکی بالغ شده و تولید دانه می نمایند اما دانه ها تا شروع فصل مساعد به صورت نهفته باقی می مانند و با مساعد شدن شرایط دوره رشد خود را آغاز می کنند و یا گونه هایی هستند که قادرند پس از پایان دوره خشکی مجدداً مستقر شده و جمعیت خود را بازسازی نمایند. به دلیل شرایط سخت محیطی در شرایط خشکسالی گونه هایی که در این شرایط باقی می مانند معمولاً دارای نیچ های اختصاصی تری نسبت به گونه ها در محیط های پایدار هستند.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت



شکل ۱: تنوع و فراوانی گونه‌ها در دو تالاب دایمی و خشک (۶).



شکل ۲ مقایسه ترکیب گونه‌ای و شاخص یکنواختی (جکارد) در دو تالاب دایمی و خشک (۶).

بررسی سازوکارهای تحمل خشکی در موجودات زنده

موجودات زنده به صور مختلف خود را با شرایط گرما و خشکی سازگار می‌کنند. این سازگاریها عمدتاً شامل سازگاریهای رفتاری (تغییر در شیوه زیست) و فیزیولوژی می‌شود (۴). جانوران با ترک محل و مهاجرت، دفع مواد به صورت جامد و یا با حداقل آب و یا آغاز خواب تابستانی، به شروع دوره خشکی و گرما واکنش می‌دهند. پاسخ گونه‌های



دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، مرکز تحقیقات جنگل و صنایع چوب، تهران
دانشگاه تبریز، دانشکده منابع طبیعی، تبریز
دانشگاه ارومیه، دانشکده منابع طبیعی، ارومیه
سازمان حفاظت محیط زیست

اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

مختلف و در محیط‌های گوناگون متفاوت است و حتی پاسخ افراد به خشکسالی ممکن است با توجه به سن و ژنوتیپ متفاوت باشد. گیاهان نیز با تغییر در ساختار فیزیکی نظیر برگ‌ها و ریشه‌ها، برگریزی سریع در شروع دوره خشکی و تولید ترکیبات انتی اکسیدان در اندام‌های خود با شرایط خشکی مقابله می‌کنند (۷). در سطح فرد پاسخ به خشکسالی تابع ژنوتیپ، سن و مکان است. افراد جوان (نوزادان و نابالغین) و افراد مسن معمولاً نسبت به خشکسالی حساس‌ترند. علاوه بر این گونه‌ها در مناطق جنوبی‌تر جغرافیای پراکنششان نسبت به خشکی آسیب‌پذیرترند. در سطح گونه‌ها تاثیر خشکسالی بر گونه‌های مختلف تحت تاثیر تاریخچه زندگی و خصوصیات اکولوژیکی آنها نظیر سازگاریهای ریختی و اناتومیکی (عمق ریشه، اندازه برگ) است. در مقیاس اکوسیستم تاثیرات خشکسالی به صورت غیرمستقیم و از طریق شدت استرس‌های طبیعی و انسانی است. کاهش تولید در اکوسیستم بر تنوع گونه‌های موجود در اکوسیستم تاثیر می‌گذارد. اکوسیستم‌هایی که به طور طبیعی تنوع اندکی دارند نسبت به اختلال در اکوسیستم حساسترند. مطالعات، همبستگی مثبت بین بیومس و غنای گونه در گونه‌های مختلف در شرایط مختلف خشکی را نشان داده است (۸). یکی از دلایل همبستگی مثبت بین غنای گونه‌ای و خشکی این است که چنین اکوسیستم‌هایی از تعداد اندک گونه که قادر به تحمل شرایط خشکی باشند، برخوردارند (۹). به عنوان مثال با از بین رفتن گونه‌های تجزیه‌کننده در یک اکوسیستم گونه‌های دیگر نیز مواد غذایی اندکی در اختیار خواهند داشت و در نتیجه تنوع و فراوانی گونه‌ها کاهش می‌یابد.

تاثیرات درازمدت خشکسالی و گرمایش جهانی

تغییرات جهانی در محدوده پراکنش جهانی بسیاری از گونه‌ها با تغییرات جهانی آب و هوای کره زمین مرتبط دانسته شده است. تغییرات و پدیده‌های شدید طبیعی مانند خشکسالی فشارهای تکاملی را بر گونه‌ها تحمیل می‌نماید و افرادی که از ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی برخوردارند توسط انتخاب طبیعی انتخاب می‌شوند (۴). گونه‌های گیاهی و جانوری در نیم کره شمالی تاثیرات شدید اقلیمی در دوره پلیوستوسین را تحمل نموده‌اند و بنابراین انتظار می‌رود که تغییرات شدید اقلیم در این مناطق انقراضات گونه‌ای کمتری را به دنبال داشته باشد. با این وجود گونه‌های نیمکره شمالی تحمل‌پذیری به سرما را تجربه نموده‌اند و در مقابل گرما و خشکی شدید مقاوم نیستند. تاثیرات درازمدت خشکسالی فقط به فراوانی و شدت تغییرات بستگی ندارد بلکه سایر پارامترها و پدیده‌های اتمسفری، اقلیمی و تغییرات زیستگاه نیز بر آن موثر است که بیشتر این عوامل برهم‌کنشهای پیچیده‌ای دارند.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

بحث و نتیجه گیری

خشکسالی به عنوان یکی از عوامل ایجاد تنش در گونه ها شناخته شده است. بواسطه خشکسالی غذا، آب و پناه کمتری در اختیار گونه ها خواهد بود. در نتیجه رشد و تولید مثل افراد در جمعیت ها کاهش یافته و افراد بعلت فقر غذایی نسبت به بیماریها آسیب پذیر می شوند. تحقیقات انجام شده از مقایسه شرایط خشکی در محیط های مختلف نشان داده است که شرایط خشکی که بر گونه ها تحمیل می شود باعث کاهش غنای گونه ای، هر دو شاخص تنوع الفا در مقیاس محلی و تنوع گاما در مقیاس منطقه ای، می شود و از طرف دیگر باعث افزایش شاخص یکنواختی یعنی افزایش شباهت گونه ها می شود. بنابراین حتی در شرایطی که گونه ها پس از دوره خشکسالی دوباره جمعیت های خود را بازسازی می کنند تنوع گونه ای بسیار کمتر از شرایط قبل از خشکسالی خواهد بود چراکه بسیاری از گونه ها که تحمل شرایط خشکی را نداشته و از مکانیسم های سازگاری برای سپری کردن این دوران برخوردار نیستند نابود شده و در نتیجه تنوع گونه ای جامعه کاهش می یابد. از آنجا که فعالیت های انسانی زیستگاههای طبیعی را دگرگون می کند، تاثیر بلایای طبیعی بر گونه ها و جوامع دو چندان می شود بنابراین علاوه بر نیروهای طبیعی که بر تنوع زیستی موثرند و ترکیب و ساختار جوامع را در درازمدت شکل می دهند نیروهای انسانی با سرعت و شدت بیشتری به تغییر شرایط زیستی گونه ها پرداخته و توانایی سازگاری گونه ها با شرایط را از آنها سلب می نمایند یعنی سرعت ایجاد تغییر بسیار بیشتر از آن است که گونه ها قادر به تحمل و سازگاری با آن باشند. برای فهم بهتر تاثیرات خشکسالی بر غنای گونه ای و ترکیب گونه ای جوامع مطالعات بیشتری لازم است. مدل سازی و شبیه سازی شدت و فراوانی خشکسالی بر گونه های مختلف در محیط های آزمایشی و آزمون شدت های متفاوت خشکی بر روی گونه ها در درازمدت می تواند در زمینه برنامه ریزی های آینده برای مدیریت گونه ها و جوامع زیستی راهکارهای خوبی را در اختیار محققان و مدیران قرار دهد.

منابع و مراجع مورد استفاده

1. IPCC.(2018) Global Warming of 1.5 °C. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
2. IPCC.(2021) Six assessment report from Working Group II. Intergovernmental Panel on Climate Change Geneva.Climate Change 2021: The Scientific Basis. Working Group II. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
3. Inouye D. W. (2008) Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane wildflowers. Ecology, 89, 353-362.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

4. **Harrison S., Spasojevic M. J., Li D. (2020)** Climate and plant community diversity in space and time. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117, 4464-4470.
5. **Kelly A. E., Goulden M. L. (2008)** Rapid shifts in plant distribution with recent climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 11823-11826.
6. **Chase J. M. (2007)** Drought mediates the importance of stochastic community assembly. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 17430.
7. **Bertin R. I. (2008)** Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 135, 126-146.
8. **Bertrand R., Lenoir J., Piedallu C., Riofrío-Dillon G., De Ruffray P., Vidal C., Pierrat J.-C., Gégout J.-C. (2011)** Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests. *Nature*, 479, 517-520.
9. **Suggitt A. J., Lister D. G., Thomas C. D. (2019)** Widespread effects of climate change on local plant diversity. *Current Biology*, 29, 2905-2911.e2902.

Simulating the effects of drought and climate change on species composition and richness

Abstract

The impact of natural disasters on the formation and changes of global biodiversity has long been considered. Over the next few decades, the severity and frequency of such disasters have increase, due to climate change and global warming. The current paper investigates the consequences of drought on plant composition and diversity at three levels: individual, species and ecosystem. In drought conditions, the species composition of communities changes and species that are more tolerant to heat and drought remain, changing the species diversity. In addition, drought reduces net production at the ecosystem scale, resulting in less food availability to the species and, due to competition, some species may extinct, which reduces the richness. Drought reduces species richness (alpha and gamma diversity indices) and changes species composition. It increases the evenness index, increases the similarity of communities. In general, species that are not able to adapt and ecosystems that naturally have little diversity are more vulnerable. Further studies are needed to better understand the effects of drought on species composition and richness of communities. Modeling and simulating the severity and frequency of drought on different species in experimental environments and testing different drought intensities on species in long term can be used in future planning for the management of species and biological communities.

Key words: Drought; Climate change; Species richness; Evenness