# چگونگی پیدایش حلقه‌های جنّی یا رازآمیز در بیابان نامیب

مترجم: **داریوش مهرشاهی**، گروه جغرافیای دانشگاه یزد


## اشاره

با گذشت زمان، فرایندها و پدیده‌های بیشتری در عرصهٔ ژئومورفولوژی شناخته می‌شوند، طوری که به‌نظر می‌رسد روزبه‌روز فرایندها و پدیده‌های کمتری برای شناخته شدن باقی خواهند ماند. در عمل، هنوز هم فرایندها و پدیده‌های ناشناخته یا کم‌شناخته شدهٔ زیادی چه در داخل کشور ما و چه در سطح کرهٔ زمین وجود دارند که می‌توان به آن‌ها پرداخت و از این طریق گستردگی جنبه‌های مختلف حیات و فعالیت‌های طبیعی را دریافت. شاید شناخت این پدیده‌های جدید برای ما نگاه یا تصور تازه‌ای نسبت به ظریف و حساس بودن محیط طبیعی ایجاد کند و حداقل ما را به حفظ بهتر و بیشتر این محیط هوشیارتر سازد، شاید!

در این‌جا یکی از این پدیده‌ها که ممکن است برای خوانندگان تازگی داشته باشد، معرفی می‌شود.

این نوشته، ترجمه از مقاله‌ای است با عنوان «ویژگی‌های زیست‌شناسانهٔ حلقه‌های رازآمیز بیابان نامیب» از نوربرت یورگنز که با مشخصات زیر در مجلهٔ ساینس (علم) آمریکا در ماه مارس ۲۰۱۳ به چاپ رسیده است:

The Biological Underpinnings of Namib Desert Fairy Circles, from: Norbet Juergens (Science: 339, p. 1618-21, March 2013).


**کلیدواژه‌ها:** حلقه‌های جنی، بیابان نامیب، ژئومورفولوژی، موریانهٔ ماسه، تنوع زیستی

عکسی از حلقه‌های رازآمیز در حاشیهٔ بیابان نامیب


## چکیده

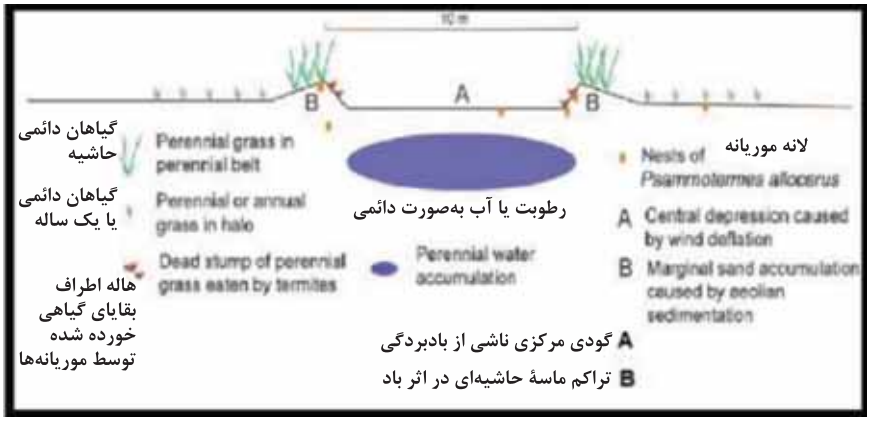
گونه‌ای از موریانهٔ ماسه با نام علمی ساموترمس آلوسروس[1] نوعی اکوسیستم محلی معروف به دایره‌ها یا حلقه‌های جنی (رازآمیز) در بیابان نامیب ایجاد می‌کند. این حلقه‌ها با تخلیه (خورده شدن) گیاهان موقتی که بعد از باران کوتاه‌مدت در درون یک دایره پدید می‌آیند، ایجاد می‌شوند. به مرور، گیاهان بازمانده در حاشیهٔ این دوایر باعث جمع شدن ماسه و تخم گیاهان گذرا می‌شود و تراکمی حلقوی از گیاهان برای مدت زمان طولانی پدید می‌آید. به‌دلیل نفوذ سریع آب در داخل

**حلقه‌های جنی شامل لکه‌های دایره‌ای‌شکل بزرگ و کاملاً مشخصی هستند که درون آن‌ها گیاه وجود ندارد، اما در حاشیهٔ آن‌ها گیاهان بوته‌ای دائمی می‌روید. این لکه‌ها به تعداد زیاد در حاشیهٔ علفزارهای بیابان جنوب آفریقا (از جمله نامیب مابین نامیبیا و آفریقای جنوبی) اتفاق می‌افتند. نخستین محققان، گیاهان سمی، مورچگان و موریانه را از عوامل مؤثر در این پدیده می‌دانستند، ولی این فرضیه‌های اولیه به‌تدریج آزمایش و رد شدند**

تصویری از یکی از حلقه‌های گیاهی به‌عنوان ایستگاه مطالعاتی در حاشیهٔ بیابان نامیب

حلقه و فقدان تبخیر و تعرق در این دایره بعد از بارش، آب در داخل حلقــه و زیر آن برای مدتی طولانی‌تر باقی می‌ماند. این فرایند، که همان موریانه‌هــا آن را انجام می‌دهند، باعث تولید حلقه‌هایی از گیاهان دائمی یا طولانی زیست (برای چند دهه) می‌شــود که هم بقــای موریانه‌های مذکور و هــم تأمین تنوع زیستی را میسر خواهد ساخت.

حلقه‌هــای جنی[۲] شــامل لکه‌های دایره‌ای‌شــکل بزرگ و کاملاً مشخصی هستند که درون آن‌ها گیاه وجود ندارد، اما در حاشیهٔ آن‌ها گیاهان بوته‌ای دائمی می‌روید. این لکه‌ها به تعداد زیاد در حاشیهٔ علفزارهای بیابان جنوب آفریقا (از جمله نامیب مابیــن نامیبیا و آفریقــای جنوبی) اتفاق می‌افتند. نخســتین محققان، گیاهان ســمی، مورچگان و موریانه را از عوامل مؤثر در این پدیده می‌دانســتند، ولی این فرضیه‌های اولیه به‌تدریج آزمایــش و رد شــدند. برخی هم وجود نوعی مــادهٔ ناپایدار در خــاک را مســئول ایجاد ایــن حلقه‌ها و فقــدان گیاهی داخل آن می‌دانســتند. در عمل، اندازه‌گیری‌هــا وجود طیفی از مواد آلی متغیر را در درون حلقه‌ها نشــان داده اســت. اندازه‌گیری مونواکســید کربن و هیدروکربن‌ها در خــاک درون حلقه‌ها به ارائهٔ فرضیه منشــأ ژئوشــیمیایی برای این حلقه‌هــا انجامید. مورچگان شــکارچی[۳] و یک نوع فعالیت گیاهی خودسامان‌ده[۴] نیز در زمرهٔ عوامل ایجاد این حلقه‌ها نام برده شده‌اند. با وجود همهٔ این فرضیه‌ها، منشأ و عملکرد اکوسیستم حلقه‌ها هم‌چنان به‌عنوان یک راز باقی مانده است.




نمایش مقطع حلقهٔ رازآمیز و عناصر آن

**اصلی‌ترین عملکرد اکوسیستمی حلقه‌های گیاهی جنی به تأمین و تداوم دو منبع مهم مربوط می‌شود: نخست، خارج ساختن گیاهان با تبخیر و تعرق که به انباشته شدن آب زیر سطح داخلی حلقه پس از باران می‌انجامد. به این فرایند تلهٔ آبی می‌گویند**

من[5] (نگارنده) داده‌هایی بلندمدت[6] را که مبین ویژگی‌های محیطی و بیوژئوگرافیک (زیستی ـ جغرافیایی) دینامیک حلقه‌ها هستند برای تشخیص عامل احتمالی در ایجاد این پدیدهٔ منحصربه‌فرد مورد استفاده قرار دادم. به علاوه، من نقش این حلقه‌ها را از نظر استفاده از آب (مدیریت آب)، تنوع زیستی، و سازش با محیط خشک بررسی کردم.

این حلقه‌ها در طول کمربند باریکی از حاشیهٔ شرقی بیابان نامیب، که از میانهٔ کشور آنگولا تا شمال غربی کشور آفریقای جنوبی کشیده شده است، دیده می‌شوند. منطقهٔ ظهور آن‌ها با منحنی هم‌بارش ۱۰۰ میلی‌متر در سال مطابقت دارد. پیدایش این حلقه به مقدار زیاد با خاک‌های ماسه‌ای کنترل می‌شود. هم‌چنین میزان بالاتر رطوبت خاک در داخل حلقه‌ها نسبت به محیط اطراف آن‌ها تشخیص داده شده است. برای اندازه‌گیری و تأیید این نظر (رطوبت بیشتر بخش داخلی حلقه‌ها)، من میزان حجم آب موجود در خاک را هم در داخل حلقه‌ها و هم در محیط اطراف آن‌ها در هر مترمکعب خاک بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ اندازه گرفتم. در ایستگاه‌هایی با بارش سالیانهٔ میانگین ۱۰۰ میلی‌متر، بیش از ۵۳ میلی‌متر آب در ۱۰۰ سانتی‌متر بالایی خاک، حتی در خشک‌ترین ماه‌ها ذخیره شده بود. در مدت چهار سال در عمق بیش از ۴۰ سانتی‌متری، بیش از ۵ درصد حجم خاک را رطوبت تشکیل می‌داد. در نوع ماسهٔ موجود در این منطقه با تسلط دانه‌هایی در حد ۱۸۰ میکرومتر (هیجده صدم میلی‌متر) و با منافذ خاک ماسه‌ای در حد ۵۰ میکرومتر، همین ۵ درصد حجمی رطوبت موجب می‌شود تا رطوبت نسبی هوا در این منافذ تا ۹۸ درصد بالا رود.

من نتیجه گرفتم در همان حال که به‌دلیل فقدان گیاه در داخل دایره، عمل تبخیر و تعرق گیاهی صورت نمی‌گیرد تا باعث دفع رطوبت شود، از سوی دیگر، خاک، آب باران را به سرعت به‌دلیل نفوذپذیری بالا و وجود منافذ زیاد جذب می‌کند. نفوذ سریع آب به لایه‌های عمیق‌تر خاک باعث می‌شود که میزان تبخیر نیز کاهش یابد. اندازه‌گیری‌های هم‌زمان در خاک زیر پوشش گیاهی، میزان رطوبت بسیار کمتری را در خاک نشان داد. مقدار و تداوم آب در عمق داخلی حلقه‌ها باعث تشکیل کمربندی از علف‌های دائمی در حاشیهٔ آن‌ها می‌شود. ریشهٔ این‌گونه علف‌ها تنها به عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری می‌رسد. عمدهٔ حلقه‌های رازآمیز دارای یک چنین کمربند گیاهی دائمی هستند و این موضوع نقش حیاتی در عملکرد اکوسیستم این حلقه‌ها دارد.

در این تحقیق برای ارزیابی قضیهٔ منشأ زیستی این حلقه‌ها (ناشی از موریانه‌ها یا حشرات دیگر) در هر ایستگاه تعداد حلقه‌های مورد برداشت از ۳۰ تا ۱۰۰ مورد بوده‌اند که از لحاظ وضعیت رطوبتی، زیستی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند. گونه‌های جانوری به ثبت رسیده نشان‌دهندهٔ این بود که تنها طیف بسیار محدودی از حشرات در این اکوسیستم حضور داشتند. در بین موریانه‌ها، تنها موریانهٔ ماسه موسوم به ساموترمس آلوسروس و در همهٔ حلقه‌های فعال یافت شد، در حالی‌که برخی گونه‌های دیگر به مناطق با بارش تابستانی یا زمستانی محدود می‌شوند. سه نوع از گونه‌های مورچه شامل مسور دنتیکورنیس[8]، آنوپوله پیس استینگر[9] و تترامواریوم[10] در تعدادی از حلقه‌های فعال (ولی نه همهٔ آن‌ها) دیده شده‌اند.

اگرچه همراه بودن حلقه‌ها با این نوع موریانهٔ ماسه‌ای وجود رابطه‌ای متقابل را نشان می‌دهد، حضور موریانه‌ها ممکن است فقط نشانه‌ای از مستقر شدن آن‌ها در حلقه‌ها باشد (و نه عامل ایجاد آن). با وجود این، موریانه‌های ماسه‌ای حتی در مرحلهٔ ابتدایی پیدایش حلقه‌ها نیز حضور داشتند. به‌عبارتی، قبل از نفوذ و تراکم آب و آغاز رویش کمربند گیاهی دائمی، موریانه‌ها وجود داشتند. برای مثال، بررسی ۲۴ حلقهٔ تازه تشکیل‌شده، نشان‌دهندهٔ علف‌های در حال مرگی بود که موریانه‌ها به ریشه‌هایشان صدمه زده بودند و به گالری‌های زیرزمینی آن‌ها مربوط می‌شد. هیچ نوع موجود زندهٔ دیگری در این مرحله یافت نشد. در اثنای بقیهٔ زندگی حلقه‌ها، موریانهٔ ماسهٔ مذکور به‌طور مستقیم در خالی نگه داشتن محوطهٔ داخلی حلقه‌ها از علف شرکت داشت. حضور و فعالیت این

**در حالی‌که بارش سالیانه در این نواحی به‌طور یکسان در سطح زمین به نحوی پخش می‌شود که تنها به رویش گیاهان یک‌ساله امکان می‌دهد، شیوهٔ هوشمندانهٔ خالی کردن بخش مرکزی حلقه‌های گیاهی، امکان ذخیرهٔ آب بیشتر در این بخش و رویش گیاهی دائمی را در حاشیه فراهم می‌آورد**

موریانه‌ها را زمانی که موریانه‌های کارگر مشغول تمیز کردن کانال‌های زیرزمینی (ازر ریشهٔ گیاهان) هستند که باعث تولید کپه‌های کوچک (مینیاتوری) از خاک می‌شود، به‌ویژه در شب و صبح زود می‌توان مشاهده کرد. در ۸۳ نمونه از حلقه‌های انتخاب شده (در گریبسولاکت) هم‌بستگی منفی مابین تراکم این کپه‌های خاکی کوچک در لکهٔ خالی (داخل حلقه) و تعداد علف‌های زنده در محوطهٔ درونی حلقه یافت شد. این نوع هم‌بستگی نشان می‌دهد که حفاری موریانه‌ها در درون حلقه نه‌تنها باعث کاهش مصرف آب در لکهٔ خالی می‌شود، بلکه تغذیهٔ موریانه‌ها از ریشهٔ علف‌ها در این محوطه نیز به خشک شدن آن‌ها و برهنه ماندن یا خالی ماندن محوطهٔ داخلی دایره کمک می‌کند. علاوه بر این، موریانه‌ها پس از کامل شدن حلقهٔ گیاهی و تثبیت آن، با خوردن تدریجی قسمت رو به داخل گیاهان حاشیه‌ای به بزرگ شدن دایره و توسعهٔ محوطهٔ جذب آب داخلی هم کمک می‌کنند.

اصلی‌ترین عملکرد اکوسیستمی حلقه‌های گیاهی جنی (که حالا می‌توان به آن‌ها حلقه‌های موریانه‌ساخته گفت یا به عبارتی این موریانه‌های کوچک «ارباب» واقعی «حلقه‌ها» هستند؛ مترجم) به تأمین و تداوم دو منبع مهم مربوط می‌شود:

نخست، خارج ساختن گیاهان با تبخیر و تعرق که به انباشته شدن آب زیر سطح داخلی حلقه پس از باران می‌انجامد. به این فرایند تلهٔ آبی[11] می‌گویند. فرضیهٔ من (نگارنده) این است[12] که تأمین آب دائمی یا طولانی‌مدت، بقای خود موریانه‌ها را نیز در شرایط بیابانی خشن تضمین می‌کند.

دوم اینکه وجود این حلقه‌های گیاهیِ «موریانه ساخته» (مترجم) تنوع زیستی را با جذب موجودات زندهٔ محلی ارتقا می‌بخشند. شواهد این موضوع را با مقایسهٔ موجودات ثبت شده در کنار و زیر حلقه‌ها و اطراف آن‌ها از یک‌سو، و با موجودات یافته و ثبت شده در زمین‌های همان منطقهٔ بیابانی ولی فاقد این حلقه‌ها از سوی دیگر، می‌توان یافت. در محدودهٔ حلقه‌ها، جدا از موریانهٔ ماسه، تعداد زیادی مورچه، زنبور، زنبور تخمی (شکارچی)، جوندگان کوچک و گیاهانی پیدا شده‌اند که به ندرت یا به تعداد خیلی کمتر در سایر قسمت‌ها یافت می‌شوند. به این ترتیب، این جنبه از نقش حلقه‌های گیاهی نیز اهمیت بسیار دارد.

در حالی‌که بارش سالیانه در این نواحی به‌طور یکسان در سطح زمین به نحوی پخش می‌شود که تنها به رویش گیاهان یک‌ساله امکان می‌دهد، شیوهٔ هوشمندانهٔ خالی کردن بخش مرکزی حلقه‌های گیاهی، امکان ذخیرهٔ آب بیشتر در این بخش و رویش گیاهی دائمی را در حاشیه فراهم می‌آورد. به‌نظر (نگارنده)، تولید این بایومس[13] گیاهی دائمی، دومین وسیلهٔ بقای موریانه‌ها در شرایط بیابانی در سال‌های بسیار خشک به‌شمار می‌رود. روشی که در آن موریانه‌ها حلقهٔ علفی دائمی را در شرایطی بسیار خشک و نامطمئن به‌وجود می‌آورند و مدیریت می‌کنند، این امکان را به ما می‌دهد که از «مهندسی» یک اکوسیستم فعال به‌دست موریانه‌ها صحبت کنیم.

**پی‌نوشت‌ها**

1. Psammotermes allocerus
2. fairy circles
3. carnivorous ants
4. self-organizing vegetation dynamics

۵. در این مقاله، نویسنده در متن از اول شخص (من) و فعل معلوم استفاده کرده است که معلوم نیست این روش و فرمت، خاصِ مجلهٔ ساینس (علم) است یا سلیقهٔ شخصی نویسنده. در مجلاتِ علمی فارسی معمولاً از افعال مجهول استفاده می‌شود.

٦. چهار ساله

7. Psammotermes allocerus
8. Messor denticornis
9. Anoplolepis steingroeveri
10. Tetramorium sp.
11. water trap

۱۲. جالب توجه است که این محقق پس از چهار سال تحقیق هنوز هم حکم صادر نمی‌کند و می‌نویسد «I hypothesize» (به‌نظر من)، ولی برخی از ما با شش ماه کار یا بعد از خواندن بیست و پنج مقاله، حکم صادر می‌کنیم!

13. biomass