پدیدهٔ ماستینگ در گیاهان

حمیدرضا قاسمی
دبیر زیست‌شناسی شهرستان سرپل ذهاب
Hamidr_ghasemi@yahoo.com

چکیده

ماستینگ تولید همزمان دانه یا میوهٔ برخی درختان است که ممکن است به یک یا چند گونه از یک سرده تعلق داشته باشند. ماستینگ باعث ایجاد چرخه‌های گرسنگی- سیری می‌شود و بر سه نوع است: شدید، عادی و خفیف. این پدیده سه عنصر کلیدی تغییر پذیری، هماهنگی و دوره‌ای بودن دارد. در این مقاله، ماستینگ را از دو دیدگاه اکولوژیک و تکاملی مورد بحث قرار می‌دهیم و فرضیه‌های کارایی گرده افشانی، پراکنش به کمک جانوران، اثر موران و بی‌نیازی صیاد را ارائه خواهیم کرد. گرچه تولید همزمان دانه توسط برخی از گونه‌های گیاهی واضح و روشن است، اما شناخت دقیق سازوکارهای درگیر در این پدیده به علت پیچیدگی و تعامل عوامل مؤثر بر آن با یکدیگر، همچنان مبهم است و در نهایت می‌توان گفت که ماستینگ ویژگی بی‌حرکت بودن گیاهان را تا حدی جبران می‌کند و نه فقط صفتی زایشی و سازگارشونده است، بلکه تغییرات اقلیمی را نیز منعکس می‌کند.

کلیدواژه‌ها: ماستینگ، گیاهان، اثر موران، بی‌نیازی صیاد.

مقدمه

داستان‌هایی درمورد جنگل‌هایی شنیده شده است که غرق دانه شده‌اند یا گیاهان بامبو در یک منطقهٔ وسیع به‌طور همزمان گل داده‌اند. ازاین رو، سال‌هایی که طی آن‌ها دانه‌های بسیاری تولید می‌شود، سال‌های ماستینگ[1] نامیده می‌شوند. این پدیده در جنگل‌های شرق امریکا مشاهده می‌شود.

ماستینگ چیست؟

در برخی سال‌ها، میزان بذری که برخی از گیاهان درختی و علفی تولید می‌کنند بسیار کم است؛ ولی گاه میزان تولید بذر به‌طور غیرقابل تصوری افزایش می‌یابد به‌طوری که فرشی از بذرها یا میوه‌ها روی زمین به‌وجود می‌آید. در سال‌هایی که میزان تولیدِ بذر زیاد است، تعداد زیادی از درختان به‌طور همزمان و به تعداد زیاد بذر تولید می‌کنند. به این پدیده ماستینگ[2] می‌گویند. در واقع ماستینگ تولید همزمان دانه یا میوه توسط تعدادی زیادی از درختان است که ممکن است به یک یا به چند گونه از یک سردهٔ گیاهی تعلق داشته باشند. ماستینگ باعث ایجاد چرخه‌های گرسنگی-سیری می‌شود. در سال‌هایی که بذر کم تولید می‌شود، جمعیت جانورانی که از این دانه‌ها تغذیه می‌کنند کاهش می‌یابد. بنابراین، تعداد این جانوران در سال‌هایی که تولید بذر زیاد است، به اندازه‌ای نیست که همهٔ بذرهای تولید شده را مصرف کنند. در نتیجه، فرشی از میوه یا دانه روی زمین به‌وجود می‌آید. کوینگ[3] سه نوع ماستینگ را مشخص کرده است:

- ماستینگِ مورد قبول همه[4]: تغییرات مقدار تولید دانه بسیار زیاد است، اما به نظر می‌رسد که به جز مطابقت منبع عامل دیگری مسئول آن نباشد.
- ماستینگ عادی[5]: گیاهان از حالت رویشی به زایشی تغییر وضعیت می‌دهند، اما مقدار دانه‌های تولید شده در سال‌های ماستینگ تغییرقابل توجهی نمی‌کند.
- ماستینگ شدید[6]: تولید سالانهٔ دانه یا صفر است یا به مقدار زیادی دانه تولید می‌شود.

درمورد گیاهان دارای ماستینگ، این سؤال مطرح می‌شود که چرا ماستینگ به‌عنوان یک استراتژی زایشی تکامل پیدا کرده است؟ فرضیه‌های متعددی تلاش کرده‌اند که به این سؤال پاسخ دهند. دو مورد ازمهم‌ترین فرضیه‌ها، فرضیهٔ کارایی گرده افشانی (افزایش گل‌دهی و هماهنگی، موفقیت گرده‌افشانی در گونه‌های باد گرده‌افشان) و بی‌نیازی شکارچی است. ماستینگ در گیاهان جانور گرده‌افشان، ممکن است با توجه به پاسخ پراکنده‌کنندگان دانه‌های ماست معکوس شود. عنصر مشترک همهٔ این فرضیه‌ها آن است درهمهٔ آن‌ها معیاری اقتصادی انتخاب کننده است. بنابراین، تلاش‌های زایشی بزرگ کارآمدتر از تلاش‌های زایشی کوچک‌اند. از این رو، گیاهانی که در سال‌های ماست زادآوری می‌کنند، لیاقت و شایستگی بیشتر دارند. ماستینگ سه صفت کلیدی دارد:

- تغییرپذیری
- هماهنگی
- دوره‌ای بودن

اخیراً دانشمندان شناسایی محدودهٔ جغرافیایی و عواقب اکولوژیک ماستینگ

را شـروع کرده‌اند. همچنین تلاش می‌کنند توضیح دهند که چگونه این پدیدهٔ قابل توجه و مهم اتفاق می‌افتد؟ چگونه میلیون‌ها درخت به‌طور همزمان در ماستینگ شرکت می‌کنند؟

ماستینگ بیشتر در درختان بادگرده‌افشان و دگرلقاح، مانند بلوط‌ها، سوزنی برگان، اکثرِ درختانِ نواحیِ معتدل و نیز نواحی شـمالی نیمکـرهٔ شـمالی[7] روی می‌دهـد. کوینگ و نوپس[8]، از ۴۴۳ مجموعـه اطلاعات در مورد زادآوری درختـان منطقـهٔ معتـدل نیمکرهٔ شمالی برای آزمایش پیش‌بینی‌های فرضیهٔ آب‌وهوا استفاده کردند. بنابراین ماستینگ باید در جوامع کم‌تراکم، مانند جنگل‌های معتدل به‌خوبی مشاهده شود. البته ماستینگ خاص گیاهان درختی نیست و در گیاهان علفی نیز روی می‌دهـد. برای نمونه، می‌تـوان به گیاه *Chionochloa rubra* از خانوادهٔ گندمیان اشاره کرد.

ماستینگ از دیدگاه بوم‌شناختی

این پدیده اثرهای گوناگونی بر اکوسیستم اعمـال می‌کند. در امتداد سـواحل آمریکای شمالی تغییرات در میزان میوهٔ بلوط ممکن اسـت تعیین‌کنندهٔ اولیهٔ افزایـش و کاهش جمعیت‌های گونهٔ خاصی از پرندگان باشـد. مثلاً، غذای دارکوب‌ها تقریباً به‌طور کامل بلوط اسـت. این پرندگان تعداد زیادی از میوه‌های بلوط را در قلمرو خود در سوراخ‌هایی که حفر می‌کند، نگهداری می‌کند. در سـال‌هایی که میزان تولید میوهٔ بلوط کم اسـت، دارکوب‌ها مجبورند قلمرو خود را برای یافتن غذا به‌سوی مناطـق ناآشـنا ترک کنند که گرسـنگی و خطرهای تـوأم با این مهاجرت باعث کاهش جمعیت آن‌ها می‌شود.

در شرق آمریکای شمالی که جنگل‌های خزان‌شـونده غالب‌انـد، فزونی میـوهٔ بلوط، جمعیـت موش‌هـا و گوزن‌هـا را کـه دو مصرف‌کننـدهٔ اصلی بلوط هسـتند، افزایش می‌دهد. این افزایش به نوبهٔ خود باعث افزایش جمعیت کنه‌ها کـه انگل‌های خارجی اصلی موش و گوزن هسـتند، می‌شود. چون کنه‌ها باعث بیماری لایم[9] می‌شوند، شیوع این بیماری در جوامع انسـانی افزایش می‌یابد. همچنین موش‌ها لانهٔ پرندگان محلی، خصوصاً آن‌هایی که رو یا نزدیک سطح زمین لانه دارند را غارت می‌کنند. علاوه براین، موش‌ها سبب کاهش جمعیت برخی گونه‌ها مانند برخی پرندگان آوازخوان می‌شـوند. اما اثرهـای فزونی میوهٔ بلوط همیشه بد نیست. افزایش تعداد موش‌ها بـه دنبال افزایـش میوهٔ بلوط سـبب حفظ جمعیت اجزای زنجیره‌ها می‌شود. مهم‌ترین این‌هـا (از لحاظ اقتصادی) پروانهٔ شـب‌پرواز *Lamantria dispar* اسـت. این آفت باعث ریـزش بـرگ برخـی از واریته‌هـای برخی گونه‌های باارزش می‌شـود، به‌طور متوسـط سالانه هزینه‌ای معادل ۳۰ میلیون دلار ضرر می‌زند.

خلاصه، انبار موقتی منابع در اکوسیستم در طول «سال‌های ماستینگ» به پدیدهٔ آبشار غذایی[10] منجر می‌شود. به‌طوری که ماستینگ بر تعداد موجودات در سطوح گوناگون زنجیرهٔ غذایی اثر می‌گذارد. این اثرهای موجی خود بر ترکیب جامعه در سال‌های بعدی اثر می‌گذارد. درک چنین زنجیره‌های اکولوژیک وابسته به ماستینگ، برای پیش‌بینی و مدیریت جنگل‌ها و سلامت بشر مهم است. هنوز ما این اساس تکاملی را که چرا برخی گونه‌های درختی و نه همه آن‌ها رفتار ماستینگ را انجام می‌دهند، پیدا نکرده‌ایم.

علت‌های ماستینگ

ماستینگ ممکن است بر اثر یک یا چند عامل روی دهد.

الف- انتخاب و تکاملی در کار نیست

۱- فرضیهٔ مطابقت منبع

طی این سازوکار باید تعداد بذرهای تولید شـده در هر سال به‌طور مستقیم متناسب با مقدار منابعی باشـد که در دسترس درخت است. مثلاً گیاهان در سال‌های گرم و مرطوب منابع بیشتری برای رشد و تولید دانه دراختیار دارنـد؛ زیرا این عوامل (گرما و رطوبت) باعث فراوانی مواد غذایی محلـول خاک و افزایش فتوسنتز می‌شوند. به عکس در سال‌های سرد و خشک مواد غذایی اندکی در دسترس گیاه قرار دارد و در پی آن میزان فتوسـنتز کاهش می‌یابد کـه این کاهش به نوبـهٔ خود باعث کاهش تولید دانه می‌شود.

مطابق بـا این فرضیه در نبـودِ انتخاب به سـود یا به زیـان ماسـتینگ، تولید دانه متناسـب با تغییرات محیط تغییر می‌کند. فرضیهٔ مطابقت منبع[11] قدیمی‌ترین فرضیه برای توضیح ماستینگ است. در این فرضیه فرض می‌کنند که منابعی که در دسترس هر گیاه قرار دارند، هرسال تغییر می‌کنند و این تغییر تلاش برای زادآوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ازاین رو، فرضیهٔ مطابقت منبع ارتباط مثبتی بین رشـد و زادآوری در سال‌هایی که رشـد و زادآوری خوب است، برقرار می‌کند و هماهنـگی بین گیاهان به وجود می‌آورد؛ زیرا گیاهان آب و هوایی مشابه را تجربه می‌کنند. این فرضیهٔ غیرسازشی مهم‌ترین توجیه برای تغییرپذیری زادآوری است.

۲- اثر موران

اصل هماهنگی جمعیت با نوسـان‌های محیطی اثـر موران[12] نامیده می‌شـود که از کارهای دههٔ ۱۹۵۰ موران آماردان استرالیایی گرفته شـده است. موران نشـان داد، عاملی خارجی مثل آب وهوا که در جمعیت‌های جدا از هم اما با اکوفیزیولوژی مشابه عمل می‌کند،

سـبب تغییراتی در فراوانـی این جمعیت‌ها می‌شـوند و از ایـن رو چرخه‌هـای آن‌ها را هماهنـگ و همزمان می‌کند. اثر موران برای ایجاد هماهنگی فضایی در پویایی جمعیت‌های واریته‌های بسـیاری از موجـودات زنده ثابت شده است، مثل پاتوژن‌های ویروسی انسان‌ها و کاریبـو در گرینلند. اثر مـوران هماهنگی فضایی بسـیاری از جمعیت‌های پرندگان را توضیح می‌دهد. با وجـود این، دلایلی وجود دارد تا نسـبت به نقش قاطع اثـر موران در هماهنگ کردن رفتار ماستینگ تردید داشت.

در ابتدا ممکن است به‌نظر برسد که اثر موران تکـرار فرضیهٔ بی‌اعتبار مطابقت منبع باشـد، اما اندیشهٔ اصلی آن متفاوت است. در این مورد، مقدار منابع اختصاص داده شـده بـه زادآوری، به فرایندهای متابولیک محدود شـده توسط محیط بسـتگی ندارد، بلکه به اسـتفادهٔ درخت از محیط به‌عنوان محرکی که اطلاعاتـی درمورد چگونگـی اختصاص یافتن منابع از سـوی درختان بستگی دارد. به همان اندازه که نشـانه‌های محیطی دارای قدرت هماهنگ‌کنندگی هستند، درختان نیز هماهنگ‌شونده‌اند.

در وهلهٔ اول، نشانه‌های محیطی یا مواد پیام‌رسـان باید اطلاعات لازم و ضروری را از یک درخت به درخت دیگر منتقل کنند. این مولکول‌های پیام رسان ممکن است از طریق اتصالات فیزیکی یا از راه هوا منتقل شـوند. در ریشـه‌هایی که دارای همزیست هستند، رشته‌های میسـلیومی قارچی مواد غذایی را از درختی به درخـت دیگر منتقل می‌کنند و سـازوکاری انتقالی به‌وجـود می‌آورند. اما رشـته‌های میسـلیومی و مـواد شـیمیایی هوایی هماهنگی را صرفـاً بین درختانی که به هم نزدیک‌اند، تسهیل می‌کنند و بعید به نظر می‌رسـد که در سطح وسیعی به‌صورت کارآمد عمل کنند. این ساز و کارها هنگامی که بسـیاری از افـراد در جمعیت‌های مجزا قراردارند و بنابراین با دیگر جمعیت‌های دور از خود تماسی ندارند، قابل‌توجیه نیست؛ اما نادیده گرفتن نقش این سازوکار نیز شایسته نیسـت. اگر مواد شـیمیایی پیام‌رسان برای توجیه ماستینگ کافی نیست، پس این پدیده چگونه به واسـطهٔ یک عامـل محیطی مثل بـارش، میانگین دمای فصـل بهار یا حتی با فعالیت لکهٔ خورشیدی قابل توجیه است؟

ماسـتینگ تولید همزمان دانه یا میوه توسـط تعدادی زیادی از درختان اسـت که ممکن اسـت به یک یا به چند گونه از یک سـردهٔ گیاهی تعلق داشته باشند

ب- دخالت انتخاب طبیعی

۱- بی‌نیازی صیاد

فرضیهٔ بی‌نیازی صیـاد[۱۳] بیان می‌کند هنگامـی کـه افـرادِ دارایِ دانهٔ کـم به‌طور هماهنگ دانه تولید کنند، صیادانِ دانه باعث انتخاب ماسـتینگ می‌شـوند. هنگامی که تغییر در تولید دانه صیادان را در سـال‌های پرمحصـول بی‌نیاز می‌کنـد، بی‌نیازی صیاد به سود ماسـتینگ است. سالیسبوری خاطر نشـان کرده است که در گیاهان راش و بلوط فقط دانه‌هایی از شـکار شدن می‌گریزند که در سـال‌های ماست تولید می‌شوند. اگر یک گونه هر سـال به‌طور ثابـت و یکنواخت دانه تولید کند، دشـمنان طبیعی آن تا اندازه‌ای افزایـش می‌یابد و همهٔ دانه‌هـای آن خورده می‌شوند. بی‌نیازی صیاد به تغییر سالانهٔ دانه نیاز دارد، اما واضح نیست آیا انتخاب مستقیماً به سود فاصله بین سال‌های ماست از طریق گرسنه نگه‌داشتن شـکارچیان در سال‌های کم‌دانـه عمل می‌کند یا اینکـه این فاصله‌ها نتایج اجتناب‌ناپذیـر انتخاب برای تولید دانهٔ بیشتر است. ساده‌ترین مدرک برای بی‌نیازی شکارچی، شکار شدن کمترِ دانه در سال‌های پرمحصول است.

۲. پراکنش به کمک جانور

فرضیـهٔ پراکنش به کمـک جانور بیان می‌کند که ماستینگ باید علیه گیاهانی که توسـط جانوران میوه‌خوار پراکنده می‌شوند و میـوهٔ زیـاد تولید می‌کنند انتخاب شـود، چراکه معیـار غیراقتصادی ایجـاد می‌کند. اثرهای ماستینگ در پراکندگی دانهٔ گیاهان با توجه به نوع روش‌های پراکندگی دانه تغییر می‌کند. پراکنش غیرزیسـتی و پراکنش به کمک چیزی به‌جز جانور (اکتوزوکوری) تحت تأثیر ماستینگ قرار نمی‌گیرند و پراکنش به کمک صیاد (دیسـزوکوری) ممکن است به شکل مثبتی تحت تأثیر ماستینگ قرارگیرد. یـک مدرک مهم که از ایـن فرضیه حمایت می‌کند باید این گونه باشـد که در سال‌های پرمحصول بخش بیشـتری از دانه‌ها پرکنده می‌شود یا متوسـط فاصلهٔ پراکنش بزرگ‌تر است. درهرحال، چنین مدرکی کمیاب است.

چندیـن تحقیـق نشـان داده‌انـد که پراکندگی توسـط میوه‌خواران به‌طور منفی تحت تأثیر ماسـتینگ قرار می‌گیرد. درصد میوه‌هـای خورده شـده معمولاً مسـتقل از انـدازهٔ محصول اسـت یا به‌دلیـل بی‌نیازی صیاد هنگامی که حجم محصول زیاد اسـت، کمتـر اسـت. بنابراین، گیاهانی که توسـط میوه‌خواران پراکنده می‌شوند، باید نسبت به گیاهانی که توسـط روش‌های دیگر پراکنده می‌شوند، به ماستینگ تمایل کمتری داشته باشـند. واندروال در مورد پراکنش به کمک صیـاد ادعا می‌کند که ماسـتینگ پراکنش را افزایـش می‌دهـد. پراکنش در سـال‌های ماسـتینگ تحت تأثیر قـرار نمی‌گیرد. مثلاً در *P.monophylla* (از پرنـدگان محتکـر) ۸۹ درصـد دانه‌های تاج را در سـال‌های کم محصـول و تنها ۳ درصـد دانه‌های تاج را در سـال‌های پرمحصول جمـع‌آوری می‌کنند. بنابرایـن، اگـر جانوران دانه‌هـای کمتری را هنگامی که دانه‌ها فراوان هستند، لمس کنند، در سال‌های ماستینگ پراکنش کمتری اتفاق می‌افتد. همچنین دانه‌ها فاصلهٔ کوتاهی را در سال‌های ماستینگ طی می‌کنند. ماستینگ

به گیاهانی که توسط صیاد پراکنده می‌شوند، سود می‌رساند اما عمدتاً این کار را از راه افزایش احتمال گریختن دانه‌ها از شکار شدن پس از پراکنش انجام می‌دهد که با فرضیهٔ بی‌نیازی صیاد همسو و منطبق است.

۳. ارتباط تولید زیستگاه و پدیدهٔ ماستینگ

کارآیی گرده افشانی به کمک باد و بی‌نیازی صیاد اغلب به سود ماستینگ و پراکندگی به کمک میوه‌خواران گاهی اوقات علیه ماستینگ کار می‌کنند. دو فرضیه در این باره موجود است:

۱. ماستینگ باید در زیستگاه‌های غیرزایشی و بین گونه‌های باد-گرده‌افشان رایج‌تر باشد.

۲. به‌ندرت چیزی معادل ماستینگ در جانوران وجود دارد.

گیاهان در زیستگاه‌هایی که تولید آن‌ها کم است، باید ماستینگ آشکارتری نشان دهند. باروری کمتر زمان احیای مورد نیاز برای تولید محصولات بیشتر را افزایش می‌دهد، خواه آن محصولات بیشتر، برای به‌دست آوردن مزایای حاصل از باد- گرده‌افشانی یا بی‌نیازی صیاد باشد. هر چقدر اندازهٔ میوهٔ گیاهِ درگیر ماستینگ بزرگ‌تر باشد، فاصلهٔ سال‌های بین ماستینگ بیشتر افزایش می‌یابد. زیرا زمان بیشتری برای تجمع منابع و تولید میوه نیاز دارند. عواملی که تولید گیاه را کاهش می‌دهند و با ماستینگ آشکارتر درون یا بین گونه‌ها همراه هستند، عبارت‌اند از: ارتفاع، عرض جغرافیایی و ناباروری خاک.

گیاهانی که در جوامع خود غالب‌اند، احتمالاً بیشتر رفتار ماستینگ انجام می‌دهند. ابتدا گیاهان باد-گرده‌افشان نسبت به‌گونه‌های دیگر تمایل بیشتری برای غالب بودن دارند. دوم، گونه‌های غالب به شکار دانه آسیب پذیرتر هستند. جایی که یک گونه یا یک گروه از گونه‌های وابسته به هم مثل دیپتروکارپاسه‌ها در پوشش گیاهی محلی غالب هستند، بی‌نیازی صیاد ساده‌تر است. بنابراین ماستینگ باید در جوامعی که تراکم پایینی دارند مثل جنگل‌های معتدله به‌خوبی دیده شود. این گرایش‌ها به یک پیش‌بینی جالب منجر می‌شود که نواحی استوایی دارای تعداد کمی گونه ماستینگ‌کننده هستند. چون نواحی استوایی معرف پراکنش و گرده‌افشانی زیستی (مخالف ماستینگ هستند)، تنوع گونه‌ای گیاهی و تولید مکانی بالا و تغییرات اقلیمی سال به سال ناچیز است، ماستینگ باید نادر باشد. یک استثنای تماشایی یعنی جنگل‌های دیپتروکارپ ممکن است این قانون را ثابت کند. زیرا در این جنگل‌ها گونه‌های نزدیک به هم غالب هستند که نیازمند هماهنگی و دانه زیادی برای بی‌نیاز کردن مهره‌داران صیاد است.

در جانوران

سرانجام، به‌طور مختصر پدیدهٔ ماستینگ را در ارتباط با جانوران بررسی می‌کنیم که در آن ماستینگ بسیار نادر است. ماستینگ در جانورانی که در طول عمر خود بارها زادآوری می‌کنند تقریباً ناشناخته است. ما فقط دو مورد پیدا کرده‌ایم و آن هم جایی که جانوران ایتروپاروس به‌طور هماهنگ یا همزمان در برخی سال‌ها آمیزش می‌کنند و در دیگر سال‌ها اگر غذای کافی هم در اختیار آن‌ها باشد، آمیزش نمی‌کنند. دو گونه طوطی[۱۴] فقط در پاسخ به ماستینگ دانه‌ها، بدون توجه به تکمیل تغذیه به‌طور مصنوعی آمیزش می‌کنند. دیگر موارد عبارت‌اند از کبوتر مسافر، طوطی دم دراز سبز نیوزیلندی، پادراز بنددار استرالیایی و کبوتر نیوزیلندی. ما دریافتیم که چنین رفتاری بین جانوران بسیار نادر است درحالی که بین گیاهان خیلی رایج است. زیرا جانوران عمر کمتری (افزایش هزینه ازبین رفتن فرصت زادآوری) دارند و از حرکت برای حل کردن مشکلات‌شان (جفت‌یابی، دورشدن از شکارچی) استفاده می‌کنند که گیاهان به کمک ماستینگ این عمل را انجام می‌دهند. بنابراین ماستینگ دانه‌ها ممکن است یکی از عواقب یا نتایج گیاه بودن باشد. زادآوری انبوه در جانوران ثابت، مثل مرجان‌ها ممکن است معادل پدیده ماستینگِ گیاهان باشد.

پی‌نوشت

۱. واژهٔ mast در اصل به فرشی از میوه‌های فندقه مانند میوهٔ بلوط گفته می‌شود که روی زمین جنگل ریخته و مجتمع شده‌اند و غذای جانوران را تشکیل می‌دهند (فرهنگ وبستر http://www.merriam-webster.com/dictionary/mast).

2. Masting
3. Koeing
4. Putative
5. Normal
6. Strict
7. Boreal
8. Knops
9. Lyme
10. Trophic cascade
11. Resource matching
12. Moran effect
13. predator satiation
14. kaka و kakapo

منابع

1. Dave Kelly and Victoria L. Sork. 2002. MAST SEEDING IN ERENNIAL PLANTS: Why, How, Where? Annu. Rev. Ecol. Syst. 33: 427–47
2. AKIKO SATAKE AND YOH IWASA. 1999. Pollen Coupling of Forest Trees: Forming Synchronized and Periodic Reproduction out of Chaos. J. theor. Biol. (2000) 203, 63}84
3. Jon E. Keeley and William J. Bond. 1999. Mast Flowering and Semelparity in amboos: The Bamboo Fire Cycle Hypothesis. vol. 154, no. 3 the american naturalist september 1999.
4. Akiko Satake and Ottar N. Bjørnstad. 2004. Spatial Dynamics of Specialist Seed Predators on Synchronized and Intermittent Seed Production of Host Plants. vol. 163, no. 4 the american naturalist april 2004.
5. Milton H. Gallardo and Claudia L. Mercado. 1999. MAST SEEDING OF BAMBOO SHRUBS AND MOUSE OUTBREAKS IN SOUTHERN CHILE. Mastozoología Neotropical; 6(2): 103-111
6. AKIKO SATAKE and YOH IWASA. 2002. The synchronized and intermittent reproduction of forest trees is mediated by the Moran effect, only in association with pollen coupling. Journal of Ecology, 2002, 90, 830–838.
7. Yoh IWASA and Akiko SATAKE. 2004. Mechanisms inducing spatially extended synchrony in mast seeding: The role of pollen coupling and environmental fluctuation. Ecological Research (2004)19: 13–20
8. Walter D. Koenig and Johannes M. H. Knops. 2005. The Mystery of Masting in Trees. American Scientist, Volume 93.