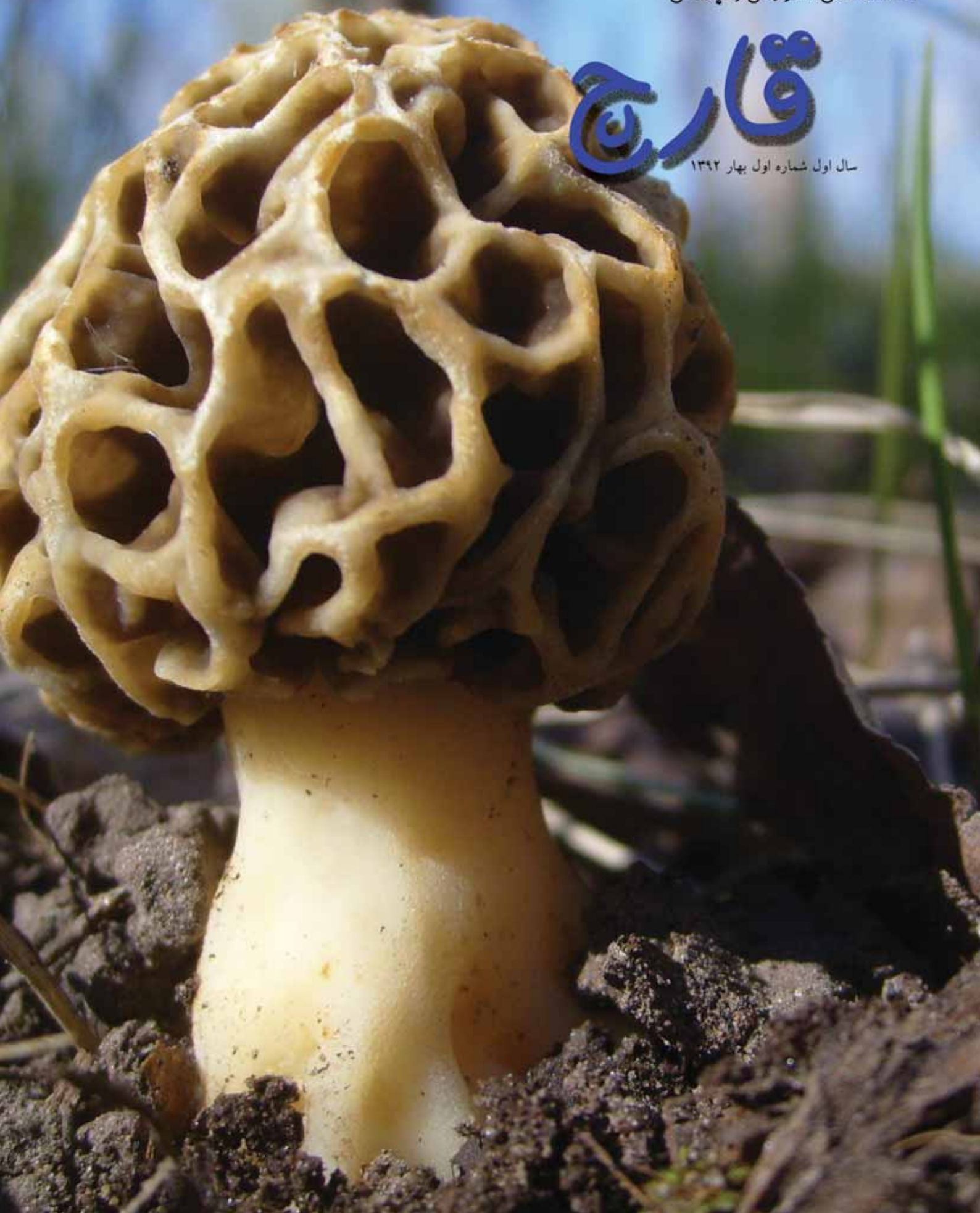


فصلنامه علمی، آموزشی و اجتماعی

قارچ

سال اول شماره اول بهار ۱۳۹۲



این مقاله برگردانی است از Mycelium as Nature's Internet نوشته PaueI Stamets

میسلیوم اینترنت طبیعت

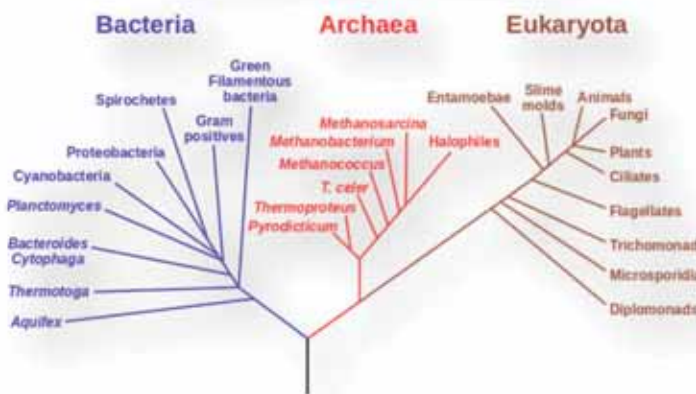
میسلیوم شبکه عصبی طبیعت است. موزاییک های درهم تنیده میسلیوم پر از غشاهایی است که کار تبادل اطلاعات را انجام می دهند. این غشاها دارای قدرت تشخیص بوده، به تغییر واکنش نشان می دهند، و در مجموع به مدت طولانی در محیط میزبان سالم می مانند. میسلیوم در ارتباط با محیطش تغییر آنزیمی داده و به مجموعه چالش ها با واکنش شیمیایی پاسخ داده است. این شبکه ها نه تنها به زندگی ادامه می دهند، بلکه بیشتر اوقات بیش از هزاران کیلومتر رشد کرده و گسترش می یابند، و بزرگتر از هر موجود زنده ای در این سیاره می شوند. این موضوع که میسلیوم ها می توانند به صورت جزایر بسیار بزرگ (بافت های سلولی در ابعاد بسیار بزرگ) در میان هزاران کیلومتر پخش شوند، مدعایی بر موفقیت و چند منظوره بودن استراتژی تکامل آنها است.

تاریخچه شبکه های قارچی

جانوران، بیش از هر چیز با قارچ ها خویشاوند هستند. حدود ۴۶۵ میلیون سال قبل ما اجداد مشترکی داشتیم. قارچ ها با هضم خارجی غذا

و با ترشح اسیدها و آنزیم های مختلف مواد مختلف را دربر گرفته و سپس آنها را هضم و جذب می کنند. بسیاری از قارچ ها با گیاهانی در تعاملند، که به صورت عمده فاقد این عوامل هضم کننده اند. قارچ شناسان بر این باورند که ۴۰۰ میلیون سال پیش این اتحاد به گیاهان این اجازه را داد که در این زمین ساکن شوند. میلیون ها سال بعد، گونه هایی از قارچ ها، با احاطه مواد غذایی حیوانات بوسیله آسک های خانه خانه، خصوصاً معده های ابتدایی حیوانات، باعث تکامل

Phylogenetic Tree of Life

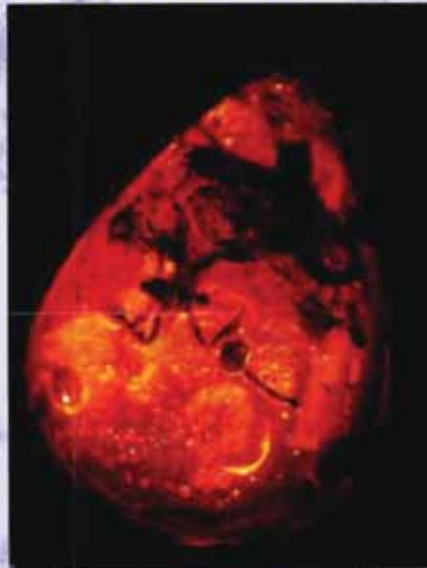


حیوانات شدند. گونه هایی از قارچ ها در زیستگاه آبریزان پدیدار شدند، آن ها با ارگانسیم موجودات زنده تطابق یافته و از دست رفتن رطوبت جلوگیری کردند. پوست جانوران، از لایه های سلول های زیادی ساخته شده که به عنوان حفاظی در برابر عوامل مهاجم مختلف عمل می کنند. در حدود ۲۵۰ میلیون سال قبل، بین دوره زمین شناسی پرمیان و دوره زمین شناسی تریاس، بروز فاجعه ای که طبق نظر دانشمندان، برخورد یک شهاب سنگ با زمین بود، ۹۰ درصد از گونه های مختلف موجودات زنده روی زمین را از بین برد. جزر و

مد امواج، گدازه های آتشفشانی، گازهای سوزان، و بادهای سخت با سرعت بیش از هزار مایل در ثانیه، هم چون تازیانه ای بر این سیاره فرود می آمدند. ابرهای غبارآلود، که علت انقراض عظیم گیاهان و حیوانات بودند سیاره زمین، را فراگرفته و آن را تاریکی فرو برد. قارچ ها که وارثین این حادثه بودند، شروع به بازیافت باقی مانده این فاجعه عظیم شدند. دوره دایناسورها شروع شد و ۱۸۵ میلیون سال بعد وقتی یک شهاب سنگ دیگر

با زمین برخورد کرد، این دوره با یک انقراض عظیم دیگر پایان یافت. دوباره قارچ ها برای بقا شروع به همزیستی با بسیاری از جانوران و گیاهان کردند. بهترین نمونه کلاهک و ساقه قارچ ها که امروزه میبینیم، از نسل قارچ هایی هستند که در دومین فاجعه زمین شناسی بوجود آمدند. قدیمی ترین قارچ شناسایی شده - که در

MYCOLOGIA



تصویر ۱ - این کهربا ۱۵ یا ۲۰ میلیون ساله که یک قارچ را در بر گرفته، قارچ از نوع *Acucferfungus yaniguaensis* است و متعلق به دوره سوم (miocene) است و در جمهوری دومینیکن پیدا شده است. تخمین زده می شود که قدیمی ترین قارچ درون کهربا، متعلق به ۹۰ تا ۹۴ میلیون سال قبل باشد.

نیوجرسی نگهداری می شود - متعلق به دوره زمین شناسی کرتاسه، ۹۲ تا ۹۴ میلیون سال پیش است. تکامل قارچ ها از فرم ابتدایی شان سال ها پیش از اجداد پستاندار انسان ها روی داده است.



جیمز لاولاک اکوچاریتست به همراه لین مارگولیس فرضیه گایا را مطرح کردند، که به این موضوع می پردازد که گیاهان قسمت قابل زیست کره زمین (بیوسفر) به طور هوشمند، برای زنده ماندن و تولید نسل جدید از خود محافظت می کنند. به نظر من میسلوم به عنوان یک شبکه زنده هوشمند طبیعی تصویر شده در فرضیه گایا را نشان می دهد. میسلوم، با غشایی دارای قوه درک

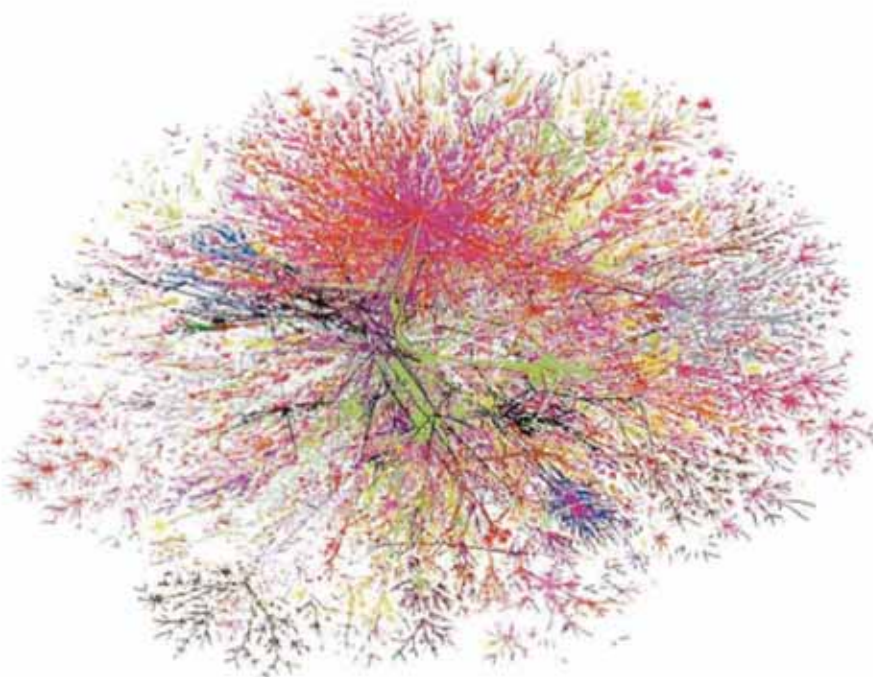
و تشخیص، به تغییرات محیط به طور خودآگاه واکنش نشان می دهد. همان طور که دوستداران طبیعت در جنگل گام برمی دارند و قدم

می زنند و یا گوزن ها و یا حشرات در جنگل آمد و شد می کنند، و با این شبکه حساس برخورد می کنند و از آن می گذرند، این آمد و شد از خود اثر به جا گذاشته و میسلیم ها این حرکت ها را احساس کرده و به آن ها پاسخ می دهند. میسلیم با داشتن ساختار پیچیده و قدرتمند تقسیم اطلاعات می تواند از خود در برابر نیروهایی که پیوسته در حال تغییر هستند محافظت کرده، خود را با آن ها وفق داده و تکامل یابند. این فرضیه، مخصوصاً زمانی صدق می کند که بعد از باران وارد جنگل می شویم، غشای درهم تنیده میسلیم ها هوشیارانه عمل می کند. همان طور که غشای میسلیمی تحت فشار قرار میگیرند، رایحه ای از خود ساطع می کنند که در جنگل پخش شده که با اکوسیستم ها در ارتباط بوده و گونه هایشان با ردگیری این رایحه ها با هم در ارتباط قرار میگیرند. میسلیم مانند یک ماتریکس، یک شاهراه زیست مولکولی در ارتباط دائم با زنجیره غذایی محیط هستند.

قدرت محاسبه میسلیم از ابر کامپیوترهای پیشرفته ما بالاتر است، میسلیم را به عنوان شبکه طبیعی اینترنتی زمین، در حدی از خود آگاهی که همانند ما قادر به تبادل اطلاعات قرار داده است و شاید روزی بتوانیم با این شبکه حساس سلولی تبادل اطلاعات داشته باشیم. به این دلیل که این شبکه حساس عصبی به هر حس بیرونی، از هر ردپا گرفته تا افتادن شاخه های درختان واکنش نشان داده و اطلاعات بسیاری را منتقل می کند، می تواند حجم عظیمی از اطلاعات از هر حرکتی در دنیای پیرامونشان را تقویت و بازپخش کنند. شاخه ای از علم

مهندسی زیستی bio engineering بوجود آمده که به برنامه ریزی شبکه عصبی میسلیم ها اختصاص یافته، شبکه میسلیمی می تواند به عنوان بستر اطلاعاتی برای اکوسیستم های مهندسی قارچ myco engineering باشد.

اگر کار تحقیقاتی افرادی نظیر توشویکی ناکاگاکی نبود، این ایده که ارگانسیم های سلولی هوشمندند، افراطی و دور از ذهن به نظر می آمد. او در یک ظرف مخصوص کشت یک ماز بوجود آورده و روی آن را با آگار مغذی پر کرده و در ورودی و خروجی آن جو دوسر پرک



تصویر ۲- نمودار سیستم همپوشانی تبادل اطلاعات - Information sharing

شده قرار داد. سپس در ورودی ظرف با کشت کپک لجن *physarum polycephalum* در محیط استریل تلقیح کرد. همان طور که کپک در طول ماز رشد می کرد مسیرهای کوتاه تری را در طول مسیر به سوی جو دوسر پرک شده در خروجی ماز، انتخاب می کرد،

مسیرهای بن بست و با راه های خروج خالی از جودو سر پرک شده را شناسایی و از آن ها اجتناب کرده و روش هوشمندانه مطابق با نظر ناکاگامی و همکاران محققش ارایه کرد. با تایید صحت این مطلب می توان گفت که شبکه های عصبی میکروب ها و میسلیوم ها نیز عمیقاً هوشمندانه عمل می کنند.



تصویر ۳- *Physarum Polycephalum* کوتاه ترین مسیر بین دو منبع غذایی را بدون توجه به بن بست ها انتخاب می کند.

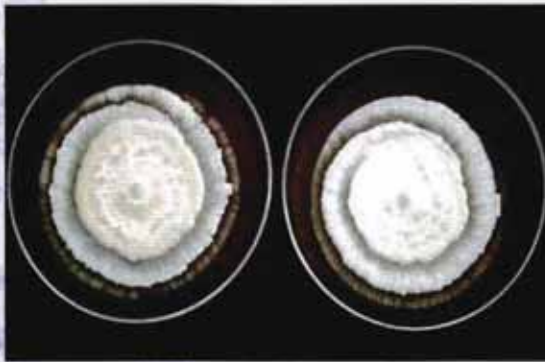
مطالعات اخیر دورنمای جدیدی به ما می دهد که قارچ ها هوشمندند و دارای این توانایی هستند که به عنوان همکاران ما در جمع آوری اطلاعات محیط (همان طور که در بالا به آن اشاره شد) برنامه ریزی شده، یا به وسیله چیپ های سلیکونی به کامپیوتر های ما مرتبط شوند. در راستای تصویر این مطلب که قارچ ها به عنوان انتقال دهنده های نانو (نانو کانداکتور) هستند، در دانشگاه نورث وسترن گورمن (۲۰۰۳) و همکاران محققش، میسلیوم *Aspergillus niger* را دستکاری کرده و در DNA آن مولکول طلا را وارد کرده و در نتیجه آن میسلیوم هایی با قدرت انتقال الکتریکی به وجود آوردند. NASA گزارش هایی دارد مبنی بر این که، میکروبیولوژیست ها در دانشگاه تنسی به سرپرستی گری

سایلر یک چیپ کامپیوتری بیولوژیکی نیرومند ساخته اند که مسکن باکتری هایی است که به محض این که آلودگی ناشی از فلزات سنگین گرفته یا مواد سمی شیمیایی را احساس کنند، شروع به درخشیدن می کنند (میلر ۲۰۰۴). این گونه ابداعات به تکنولوژی میکروب شناسی (میکروبیوتکنولوژی) جدیدی اشاره دارد که با بکارگیری شبکه قارچ ها و پاسخ های محیطی، می تواند به ما اطلاعاتی در مورد pH، مواد مغذی و سموم موجود در محیط را داده و حتی آلودگی بیولوژیکی (زیستی) را اندازه گیری کنند.

قارچ ها در فضا (خارج از جو زمین)

این امکان وجود دارد که حیات قارچ ها محدود به زمین نباشد. دانشمندان فرضیه ای دارند که بر این دلالت دارد که در سراسر کهکشان زندگی وجود دارد و هر جا که آب به صورت مایع وجود داشته باشد، زندگی هست. به تازگی دانشمندان دریافته اند که سیاره ای در

فاصله ۵۶۰۰ سال نوری که ۱۳ میلیارد سال پیش شکل گرفته است، به اندازه کافی عمر کرده که در آن زندگی تکامل یافته و چندین بار منقرض شده باشد. (ساوج و همکاران ۲۰۰۳). (به نظر می رسد که از تکامل بر روی زمین ۴ میلیارد سال گذشته است) به این ترتیب ۱۲۰ سیاره خارج از منظومه شمسی کشف شده، و تعداد بیشتری هر چند ماه یک بار کشف می شوند. اخترشناسان بر این باورند که نمونه پیشرو DNA، اسیدهای نوکلئیک اولیه (prenucleic acid) همان طور که جهان هستی در حال شکل گیری است، به طور اجتناب ناپذیری در سراسر آن در حال توسعه است و شکی نیست که ما نهایتاً سیاره ها را برای یافتن حیات قارچ ها مورد مطالعه و بررسی قرار خواهیم داد. در حقیقت، برای حمایت از این تئوری که سرچشمه حیات از ماده است و این احتمال که در سراسر کهکشان به طور گسترده حیات در جریان است، یک موسسه اختر زیست شناسی (انستیتو آستروبیولوژی) توسط ناسا تاسیس شده و همین طور انتشارات دانشگاه کمبریج، مجله بین المللی اخترزیست شناسی را منتشر کرده است. این امر، که پروتوجرم پلاسم در سراسر پهنه گیتی بوسیله بادهای اختر پخش و منتشر شود، امکان پذیر است. این نوع از مهاجرت بیولوژیکی اولیه (protobiological) به نام پانسپریمیا (panspermia) شناخته می شود، این موضوع امروزه آن چنان دور از ذهن به نظر نمی آید که زمانی که برای اولین بار در اوایل ۱۹۷۰ توسط سر فرد دوپل و چاندرا ویکراماسینگ مطرح شد ناباورانه به نظر می رسید. ناسا احتمال استفاده از قارچ ها برای کلونی سازی بین سیاره ای را محتمل می داند. اکنون که ما بر روی مریخ فرود آمده ایم، ناسا به صورت جدی احتمالات ناشناخته ای مانند این که میکروب های ما بر روی سیاره های دیگر لانه گزینی خواهند کرد را در نظر گرفته است.



تصویر بالا) کشت قارچ *psilocybe* کالیفرنایی همان طور که رشد می کنند حرکت چرخشی گردباد مانند دارند. میزان رشد با گذشت زمان افزایش می یابد.

تصویر وسط) تندباد ایزابلا در اکتبر ۲۰۰۳ در حال نزدیک شدن به آمریکای شمالی

تصویر پائین) کهکشان های مارپیچ با الگوی اصلی گردباد ها و میسلیم ها مطابقت دارند

آن چنان دور از ذهن به نظر نمی آید که زمانی که برای اولین بار در اوایل ۱۹۷۰ توسط سر فرد دوپل و چاندرا ویکراماسینگ مطرح شد ناباورانه به نظر می رسید. ناسا احتمال استفاده از قارچ ها برای کلونی سازی بین سیاره ای را محتمل می داند. اکنون که ما بر روی مریخ فرود آمده ایم، ناسا به صورت جدی احتمالات ناشناخته ای مانند این که میکروب های ما بر روی سیاره های دیگر لانه گزینی خواهند کرد را در نظر گرفته است.

طرح (الگوی) اصلی و اولیه میسلیوم ها

طبیعت بر موفقیت هایش تکیه دارد و به آن ها متمایل است. الگوهای اولیه میسلیوم ها در تمام جهان قابل مشاهده اند: در الگوی گردبادها، ماده تاریک، و شبکه اینترنت. ممکن است شباهت در الگوی میسلیوم با این مثال ها اصلاً تصادفی نباشد. سیستم های بیولوژیکی تحت تاثیر قوانین فیزیک هستند، و شاید میسلیوم از قوانین لحظه ای نقض طبیعت بهره ببرد، همان طور که ماهی قزل آلا از امواج بهره می برد. معماری میسلیوم الگوهای پیش بینی شده را به تئوری ریسمان (string) تشبیه می کند. و متخصصین نجوم فضایی این تئوری را مطرح می کنند که بیش تر الگوهای حافظ انرژی در جهان به عنوان موضوعات ماده-انرژی طبقه بندی می شوند. طبقه بندی این ریسمان ها به معماری میسلیوم شباهت دارد. زمانی که اینترنت طراحی شد، ساختار شبکه ماندش، اطلاعات را درهم ادغام کرده و قدرت محاسباتی اش را به حداکثر می رساند، در حالی که نقاط حیاتی اش را که سیستم به آن وابسته بود به حداقل می رساند.

میسلیوم در شبکه حیات

به عنوان استراتژی تکاملی، معماری میسلیوم ها شگفت انگیز است، تنها یک اینج مکعب از سلول های قارچ اگر کنار هم گذاشته شوند، به اندازه ۸ مایل گسترده می شوند. اگر ما یک ارگانسیم بسیار کوچک در خاک جنگلی بودیم، در این کارناوال فعال و پر جنب و جوش گیر می افتادیم، به میسلیومهایی که در زیرزمین مانند موجی به طور دایم در حال حرکت هستند برمی خوردیم، با رقص باکتریها و شنای پروتوزاها (protoza) همراه می شدیم، یا با نماتودهایی که مثل وال ها در سراسر دریای جهان کوچکشان در حال مسابقه اند بر میخوردیم.

قارچ ها ضایعات گیاهان را بازیافت میکنند، میکروب ها و رسوبات آنان را فیلتر کرده، و خاک را بازسازی می کنند. خاکی که به زندگی استمرار می بخشد از ضایعاتی همچون بقایای گیاهی به وجود می آید. اکنون ما میتوانیم از فیلترهای قارچی Mycofiltration ضایعات سمی را بازسازی کرده و از بیماری جلوگیری کنیم، مثل آلودگی باسیل های کولی فرم یا باکتری های استافیلوکوک و پروتوزا و بلایایی که ارگانسیم های ناقل بیماری ها به وجود می آورند.

در سال ۱۹۶۰، طرح نظری "زندگی بهتر با علم شیمی" بوجود آمد و مواد پلاستیکی، مواد دارای آلیاژ ترکیبی، آفت کش ها، قارچ کش ها و مواد شیمیایی نفتی در آزمایشگاه ها به وجود آمدند. زمانی که این مواد مصنوعی در طبیعت رها شدند، در آغاز تاثیر موثر و دلخواه بر هدف مورد نظر داشتند. اگرچه، حوادث چند دهه اخیر نشان داده اند که بسیاری از این ساخته ها در واقع میوه تلخ علم هستند، که خسارات فراوان و سنگینی بر محیط زیست وارد کرده اند. اکنون ما یاد گرفته ایم که باید با شبکه زندگی ملایم برخورد کنیم، در غیر این صورت از هم پاشیده و زیر پای ما را خالی می کند.

سمومی مثل برومید متیل، که یکباره به عنوان سموم دفع آفات شروع به تبلیغ در مورد آن ها شد، نه تنها به گونه های مورد نظر آسیب می رساند بلکه به ارگانسیم های دیگر که مورد نظر نیستند و زنجیره غذایی شان نیز آسیب رسانده و برای لایه ازن نیز مضر هستند. سموم

حشره کش اغلب به عنوان راه حل موقتی تا آن جا که نتیجه مورد نظر حاصل شود، ارایه می شوند. زمانی که مزایای طبیعی قارچ ها در نظر گرفته نمی شود و از آن استفاده نمی شود، لزوم استفاده از بارورکننده های مصنوعی افزایش می یابد، نیاز به ایجاد چرخه شیمیایی پدید می آید، و نهایتاً توان تحمل آن ها از بین می روند. اینجاست که همکاری و پیوند گیاهان و قارچ ها *mycorrhizae* و درون رست ها *endophytic* به صورت ترکیب با کود گیاهی نسل جدیدی از بارورهای طبیعی بوجود آمده که موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی بدون استفاده از سموم دفع آفات و استفاده از کودهای شیمیایی شده است. در نتیجه این فعالیت ها خاک سالم و سلامت، گونه های زیست پویا، و چرخه بازسازی بی پایان خواهیم داشت.

