# نقش قارچهای همزیست اندوفایت در اکوسیستمهای مراتع ایران

**محمد رضا سبز علیان[۱]، رضا محمدی[۱]، مجتبی خیام نکویی[۲]، آقا فخر میرلوحی[۱] و مهدی بصیری[۳]**

**چکیده**

وجود رابطه همزیستی میان قارچهای اندوفایت با بیشتر گونه‌های گراس سردسیری شامل ۸۰ جنس و ۱۰۰ گونه از زیر خانواده پوئیده (*Pooideae*) مشخص شده است. در این رابطه همزیستی قارچهای اندوفایت ضمن تامین انرژی خود از گیاهان میزبان، ویژگیهای متعددی شامل افزایش عملکرد، مقاومت به چرا و همچنین مقاومت به طیف وسیعی از تنشهای زیستی و غیرزیستی را به گیاهان میزبان اعطا می‌کنند. وجود چنین اثراتی از طرف قارچهای اندوفایت به افزایش تولید خالص در اکوسیستم و پایداری آن منجر می‌گردد. نتایج مطالعات مؤلفان در طی سالهای گذشته و در گیاه *Festuca arundinacea* نشان می‌دهد که قارچهای اندوفایت، خصوصیات فنوتیپی گیاه را در شرایط تنش و عاری از تنش بهبود می‌بخشند. قارچهای اندوفایت به طور معنی‌داری تعداد پنجه، عملکرد علوفه‌تر و خشک، ارتفاع گیاه، عمق طوقه و وزن‌تر و خشک ریشه را تحت تاثیر قرار دادند. خصوصیات اعطا شده به گیاه به طور عام از طریق تولید مجموعه‌ای از ترکیبهای فعال بیولوژیکی است که به نگهداری خود جوش اکوسیستم منجر می‌شوند. مطالعات گذشته محققان نشان می‌دهد که وقوع شرایط نامساعد طبیعی به برتری بیشتر گیاهان حاوی قارچهای اندوفایت نسبت به گیاهان عاری از قارچهای اندوفایت منجر می‌شود. در شرایط تنش، گیاهان حاوی اندوفایت قابلیت بقای بیشتری داشتند و وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک بخش هوایی نیز در گیاهان حاوی قارچ اندوفایت بسیار بیشتر بود. خطی مشی‌های تحقیقاتی حال و آینده، درک بهتر رابطه متقابل ژنتیکی قارچ – میزبان و انتقال این رابطه همزیستی به سایر گیاهان علفی-مرتعی است.

**واژه‌های کلیدی:** قارچهای اندوفایت، گراس، اکوسیستم مرتعی و رابطه همزیستی.

---

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- مرکزتحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان اصفهان.

۳- گروه مرتعداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان.

Archive of SID

www.SID.ir

## مقدمه

جنگلها و مراتع اکوسیستمهای با ارزشی هستند و از جهات مختلف برای انسان دارای اهمیت زیادی می‌باشند. مراتع سطح بسیار وسیعی از خشکیهای کره زمین را می‌پوشانند. بزرگترین خانواده گیاهی که مراتع را پوشش می‌دهند، گراسها یا همان خانواده گرامینه می‌باشند. در طی دو دهه گذشته همزیستی مسالمت‌آمیزی میان این گیاهان علفی و یک رشته قارچهای همزیست از رده آسکومایست کشف شده است که بازیگر نقشهای ویژه‌ای برای این گیاهان در اکوسیستمها هستند. این قارچهای همزیست را به طور کلی، اندوفایت (Endophyte) می‌نامند. اندوفایت از دو کلمه اندو به معنی درون و فایت به معنی گیاه تشکیل شده است و شامل قارچها و باکتریهایی هستند که در بافتهای سالم برگ و ساقه (و نه ریشه) عاری از هر گونه علائم بیماری قابل مشاهده زیست می‌کنند (Wilson، ۲۰۰۰) (شکل شماره ۱). بنابراین قارچهای مایکوریزا و باکتریهای ریزوبیوم از این گروه مجزا هستند. اندوفایتها در واقع موجودات سودمندی هستند که سهم به سزایی در تولید و نگهداری اکوسیستم دارند. اندوفایتهای واقعی و از جنس *Neotyphodium*، همزیستهای اجباری هستند که کنجهای[1] اکولوژیکی خالی موجود در گیاهان را که همان فضای موجود در آپوپلاست است به صورت اختصاصی اشغال کرده‌اند. قارچهای اندوفایت با داشتن رابطه همزیستی از نوع «نفع متقابل»[2] نقش مهمی در ایجاد گیاهان شایسته و اصلح در انتخاب طبیعی داروین دارند. با این حال به نظر می‌رسد که این همزیستی بیشتر برای قارچ ضروری باشد، چرا که گیاه عاری از حضور این قارچ هم می‌تواند زنده بماند. در حال حاضر رابطه همزیستی بین قارچهای اندوفایت و بعضی گونه‌های متعلق به جنسهای *Agrotis*, *Stipa*, *Melica*, *Elymus*

1- Niche
2- Mutualism

Archive of SID

www.SID.ir

*Bromus, Holcus Cinna, Lolium, Festuca* (White، ۱۹۸۷) و حتی برخی گونه‌های وحشی گندم (Marshall و همکاران، ۱۹۹۹) و جو (Wilson و همکاران، ۱۹۹۱) نیز شناسایی شده است. با توجه به‌اینکه قارچهای اندوفایت بیوماس را زیاد می‌کنند نسبت $\frac{R}{B}$($\frac{\text{تنفس}}{\text{بیوماس}}$) که به نسبت شرودینگر معروف است کم می‌شود و طبق نظر ایشان اصولاً باید تنوع زیاد شود (Odum، ۱۹۸۳) ولی به نظر می‌رسد کاهش نسبت شرودینگر برای افزایش تنوع کافی نباشد. در جوامع دارای قارچهای اندوفایت، $\frac{R}{B}$فوق‌العاده کمتر از حالت $\frac{R}{B}$ در شرایط عاری از قارچهای اندوفایت است، ولی تنوع در شرایط حضور قارچهای اندوفایت به نظر می‌رسد که کمتر از شرایط عدم حضور آنان باشد. این مطلب به دلیل ترکیبهای بیولوژیکی فعال در بیوماس بر ضد جانداران است که مقدار بیوماس موثر برای افزایش تنوع را کاهش می‌دهد. با این حال چنین شرایطی نه در مورد همه قارچهای اندوفایت صادق است و نه در همه اکوسیستمها. به طور مثال مولفان این مقاله دریافته‌اند که گیاه بروموس (*Bromus tomentellus* Boiss.) که بسیاری از مراتع حاشیه زاگرس را پوشش می‌دهد حاوی قارچهای اندوفایت است، ولی با این حال بسیار خوشخوراک می‌باشد. بررسی این موضوع نشان داد که این قارچها فاقد قدرت تولید آلکالوئید ارگووالین که مسموم کننده پستانداران است می‌باشند (نتایج منتشر نشده). نشان داده شده است که افزایش دما تا ۳۵ درجه سانتیگراد، تأثیر کمی در تنفس گیاهان حاوی قارچهای اندوفایت دارد، در حالی که افزایش دما تا این سطح، میزان فتوسنتز گیاهان عاری از قارچهای اندوفایت را به دلیل افزایش تنفس تا ۲۵ درصد کاهش داد (Marks و Clay، ۱۹۹۶). این شواهد نشان می‌دهد که حضور قارچهای اندوفایت، عملکرد فیزیولوژیکی گیاهان $C_3$ دارای قارچهای اندوفایت را به سطح گیاهان با چرخهٔ چهار کربنه ($C_4$) نزدیک می‌کند. بدین ترتیب پیش‌بینی شده که در آینده گرم شدن کره زمین با افزایش $CO_2$، قارچهای

Archive of SID

www.SID.ir

اندوفایت سهم به‌سزایی در جذب این $CO_2$ اضافی و بالا بردن قابلیت گیاهان میزبان خود در رقابت با گیاهان دیگر دارند. بنابراین قارچهای اندوفایت با کارآمدتر کردن تولید ماده آلی، تولید اکسیژن اکوسیستم را نیز بالا می‌برند.

قارچهای اندوفایت در بسیاری از درختان مناطق معتدله و گرمسیری نیز گزارش شده‌اند. انواع نراد، افرا، غان، اوکالیپتوس، زبان گنجشک، کاج، بلوط، نخلهای خرما و درختان نارگیل از جمله درختانی هستند که قارچهای اندوفایت در آنها گزارش شده‌است (Stone و همکاران، ۲۰۰۰). این اندوفایتها هنوز اهمیت و توجهی به اندازه قارچهای اندوفایت گیاهان علفی را به خود جلب نکرده‌اند، با این حال توان بالقوهٔ زیادی در تولید ترکیبهای دارویی دارند (Stone و همکاران، ۲۰۰۰). در طی چند سال اخیر تلاشهایی برای بررسی حضور قارچهای اندوفایت و در گیاهان علفی ایران توسط مولفان صورت گرفته است، ولی اطلاعی از قارچهای اندوفایت درختان در ایران در دسترس نمی‌باشد. هدف از تحقیق حاضر بررسی نقش قارچهای اندوفایت در تولید و عملکرد اکوسیستمهای مرتعی می‌باشد.

## مواد و روشها

در این تحقیق از کلونهای حاوی اندوفایت و عاری از اندوفایت دو ژنوتیپ گیاه *Festuca arundinacea* استفاده گردید. برای این منظور در تابستان سال ۱۳۸۰ دو ژنوتیپ از توده ۷۵ و۶۰ به ترتیب جمع آوری شده از کامیاران کردستان و بروجن انتخاب گردیدند. انتخاب این ژنوتیپها براساس تراکم قارچ مشاهده شده در گیاهان بررسی شده از هر توده بود، یعنی گیاهانی که دارای تراکم بالاتری از هیفهای قارچ بودند به عنوان گیاهان سازگار با اندوفایت تشخیص داده شدند و انتخاب گردیدند. هر یک از گیاهان منتخب که حاوی تعداد زیادی پنجه بودند، به دو قسمت تقسیم شده و

Archive of SID

www.SID.ir

در دو گلدان کشت شدند. از هر ژنوتیپ یک گلدان برای حذف قارچ اندوفایت، توسط مخلوط قارچ‌کش فولیکور و پروپیکونازول به ترتیب با غلظتهای ۱ در هزار و ۲ گرم ماده موثر در لیتر مورد تیمار قرار گرفتند. تیمار قارچ کش شامل اسپری کردن گیاهان به تعداد دوبار با فواصل یک هفته بود. پس از سه ماه پنجه‌های جدید گیاهان مورد بررسی قرار گرفتند و پس از اطمینان از حذف کامل قارچ اندوفایت از گیاهان تیمار شده، پنجه‌های جدید از گیاهان حاوی اندوفایت و عاری از اندوفایت انتخاب گردیدند و در یک طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه کشت گردیدند. کرتها با ابعاد ۱/۵ × ۱/۵ متر بودند، به طوری که در هر پلات ٦ بوته (هر بوته حاوی ۵ پنجه بود) کشت گردید. خاک مزرعه از نوع لومی-رسی بود که قبل از کشت به هر کرت ۷ کیلوگرم کود آلی و ۱۲ کیلوگرم ماسه اضافه شد. مزرعه به طور معمول هفته‌ای یک بار آبیاری گردید. پنجه‌های جدید در اوایل دی ماه سال ۱۳۸۰ به گلدانهای پلاستیکی متوسط (۲۰×۱۵cm)، حاوی خاک سبک لومی منتقل گردیدند و این کار برای هر ژنوتیپ و هر حالت (حاوی قارچ و عاری از قارچ) در ۳ تکرار انجام شد. گیاهان به گلخانه منتقل گردیدند و خصوصیات فنوتیپی گیاهان شامل تعداد پنجه در بوته، وزن تر و خشک بخش هوایی، ارتفاع گیاه، عمق طوقه و وزن تر و خشک ریشه در مزرعه و گلخانه اندازه گیری گردید. خصوصیات فنوتیپی این گیاهان در شرایط تنش شوری و در کشت هیدروپونیک نیز مورد بررسی قرار گرفت. در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و SAS انجام گردید.

## نتایج

**نقش قارچهای اندوفایت در تولید خالص اکوسیستم:** نتایج بررسی تغییر خصوصیات فنوتیپی گیاه به وسیله قارچ اندوفایت نشان می‌دهد که اندوفایت به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$)، تعداد پنجه، عملکرد علوفه‌تر و خشک، ارتفاع گیاه، عمق طوقه و وزن‌تر و

Archive of SID

www.SID.ir

خشک ریشه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. جمعیتهای حاوی اندوفایت هر توده نسبت به جمعیت عاری از اندوفایت همان توده، برتریهای بسیار معنی‌داری داشتند (جدول شماره۱).

اندوفایتها تاثیر عمیقی در عملکرد و بیوماس بخشهای هوایی و زیرزمینی گیاهان دارند (جدول شماره۱). چنین کارایی بالایی به دلیل چند عامل مهم است که عبارتند از:

۱) کارآمدتر کردن جذب عناصر غذایی از خاک به خصوص نیتروژن و فسفر (Malinowski و Belesky، ۲۰۰۰)

۲) افزایش فتوسنتز در شرایط خاص

۳) کاهش تنفس و اتلاف انرژی و افزایش بازده فتوسنتز به تنفس (Marks و Clay، ۱۹۹۶)

٤) تولید ترکیبهای تنظیم کننده و هورمونهای گیاهی (De Battista و همکاران، ۱۹۹۰) و همه این خصوصیات توسط قارچهای اندوفایت به گیاه اعطا می‌شود.

یکی دیگر از خصوصیات مهم گیاهی که توسط قارچهای اندوفایت تغییر می‌پذیرد، عمق طوقه گیاه از سطح خاک است. افزایش عمق طوقه مترادف با افزایش مقاومت به چرا توسط چرا کننده‌های بزرگ جثه و مقاومت به تغییرات حرارتی محیط شامل یخبندان و گرمای سوزان تابستان خواهد بود. جدول ضرایب همبستگی نیز در این تحقیق نشان داد که عمق طوقه همسبتگی بالایی با زیست توده بخش هوایی و زیست توده بخش زیرزمینی و نیز وزن طوقه دارد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). افزایش عمق طوقه به ظاهر تا حد زیادی تحت تأثیر انتقال مواد غذایی از بخش هوایی به طوقه و ریشه می باشد. در منابع نیز افزایش عمق طوقه تا یک سانتیمتر در اثر حضور اندوفایت گزارش شده است (Arachevaleta و همکاران، ۱۹۸۹). چنانچه جدول شماره ۱ نشان می‌دهد قارچهای اندوفایت سهم زیادی در کاهش نسبت وزن خشک ساقه به وزن خشک ریشه دارند و به این ترتیب قارچهای اندوفایت اختصاص مواد غذایی به ریشه

Archive of SID

www.SID.ir

را افزایش می‌دهند (شکل شماره ۲). افزایش ریشه، سهم زیادی در جذب آب به خصوص در شرایط کم آبی خواهد داشت. با این حال، قارچهای اندوفایت تغییری در محتوای آب بخش هوایی ایجاد نکرده‌اند. این مطلب با توجه به سطح برگ بالای گیاهان حاوی اندوفایت می‌تواند قابل توجیه باشد. به این ترتیب که قابلیت جذب بالای آب توسط گیاهان حاوی قارچهای اندوفایت تامین کننده نیاز بخش هوایی است و تغییری در محتوای آب گیاه ایجاد نمی‌شود.

با این تفاسیر، قارچهای اندوفایت، میزان تولید خالص جامعه گیاهی را افزایش می‌دهند که احتمالا به چند دلیل است. یکی اینکه میزان تنفس گیاه را چنانچه اشاره شد کم می‌کنند (Marks و Clay، ۱۹۹۶)، از طرف دیگر نسبت ریشه به ساقه را افزایش می‌دهند و ریشه هزینه نگهداری کمتری می‌خواهد. دوم اینکه میزان مصرف توسط هتروتروفهای عمومی اعم از گیاهخواران و تجزیه کنندگان را کاهش می‌دهند. مورد اخیر به دلیل تولید ترکیبهای بیولوژیکی فعالی است که گیاه را از صدمه موجوداتی که به گیاه آسیب می‌رسانند مصون می‌دارد. با این حال برخی از موجودات تجزیه کننده نیز تحت تاثیر آلکالوئیدهای قارچی قرار می‌گیرند. سوم اینکه کارایی استفاده از مواد تغذیه‌ای و نور و آب در حضور قارچهای اندوفایت افزایش می‌یابد (Malinowski و Belesky، ۲۰۰۰). بدین ترتیب در حضور اندوفایتها، هرمهای عددی و هرم بیوماس مواد غذایی قاعده پهن‌تری خواهند داشت. در صورتی که زمانی بتوان از اندوفایتها در گیاهان زراعی استفاده کرد، قادر خواهند بود تا غذای انسان را نیز افزایش دهند، زیرا عملکرد دانه را نیز به مقدار قابل توجهی بالا می‌برند (Rice و همکاران، ۱۹۹۰).

**پایداری و تکامل اکوسیستم در حضور قارچهای اندوفایت:** امروزه محققان دریافته‌اند که همزیستی بین قارچهای اندوفایت و گیاهان، نقش مهمی در تکامل دو

Archive of SID

www.SID.ir

جانبه[1] دو طرف و تکامل اکوسیستم از طریق انتخاب دو طرفه[2] همزیستی (گیاه و قارچ) داشته است. بدین ترتیب در یک اکوسیستم تکامل یافته، همزیستی باید در اعلاترین شکل خودش وجود داشته‌باشد (Odum، ۱۹۸۳). قارچهای اندوفایت همزیست با افزایش تولید ماده آلی و افزایش هوموس ممکن است بتوانند سرعت توالی اکوسیستم را نیز افزایش دهند. از طرف دیگر قارچهای اندوفایت با تولید متابولیتهایی با خواص آنتی‌بیوتیکی به کنترل خود جوش اکوسیستم منجر می‌شوند، بدین ترتیب که در عمل سرعت تجزیه هوموس را کند می‌کنند و از طرف دیگر تجزیه هوموس را به گونه‌های خاص منحصر می‌کنند (Prestidge و همکاران، ۱۹۹۷). قارچهای اندوفایت حتی قابلیت رقابت بالایی به گیاهان میزبان نسبت به گیاهان دیگر می‌دهند و ممکن است باعث علف هرز شدن[3] گیاهان حاوی قارچهای اندوفایت در اکوسیستمهای کشاورزی شوند (Clay، ۱۹۹٤). بنابراین انتظار می‌رود که شاخص تراکم و شاخص غالبیت (Dominance Index) بر اثر حضور قارچهای اندوفایت افزایش یابد. یکی از خصوصیات مهم اندوفایتها این است که چرخه مستقیم مواد تغذیه‌ای را از خاک به گیاه تسهیل و تسریع می‌کنند چنین خصوصیتی به خصوص در شرایط کمبود فسفر که با تولید ترکیبهای فنلی و آزاد شدن فسفر خاک همراه است اثبات شده‌است (Malinowski و Belesky، ۲۰۰۰). بدین ترتیب قارچهای اندوفایت با کاهش آستانه محدود کننده عناصر غذایی گیاه را قادر به تحمل شرایط سخت‌تر محیطی می‌گردانند. مشخص شده است که قارچهای اندوفایت به خصوص در گیاهان و درختان مناطق حاره احتمالاً باعث جذب عناصر از سطح برگ می‌شوند که یک سیستم جذب عناصر غذایی اضافه بر حضور مایکوریزاها محسوب می‌شود (Wilson، ۲۰۰۰). در آزمایشی

1- Coevolution
2- Reciprocal selection
3- Weediness

Archive of SID

www.SID.ir

که در شرایط تنش شوری بعمل آمد نتایجی بدست آمد که با نتایج تغییرات فنوتیپی قابل مقایسه بود (سبز علیان، ۱۳۸۱). در این آزمایش به جای جمعیت از کلونهای گیاهی حاوی اندوفایت در مقابل همان کلون، ولی عاری از قارچ همزیست که با استفاده از قارچ‌کش پروپیکونازول بدست آمده بودند استفاده گردید. در این شرایط گیاهان حاوی اندوفایت قابلیت بقای بیشتری در تنش شوری داشتند، ضمن اینکه نمک کمتری نسبت به گیاهان عاری از اندوفایت جذب کردند و وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک بخش هوایی نیز در گیاهان حاوی اندوفایت بسیار بیشتر بود. بنابراین حضور قارچهای اندوفایت سهم قابل توجهی در تولید مراتع در شرایط تنش و عاری از تنش دارد. این موضوع در پایداری تولید در مراتع، به خصوص در مراتع کم باران و تحت تنش بسیار جالب توجه است. به طوری که ملاحظه می‌شود حضور قارچهای اندوفایت در واقع باعث گسترده‌تر شدن محدوده اکولوژیکی حضور گیاه میزبان می‌گردد و سازوکار عمل بدین شکل است که قارچهای اندوفایت هم قادرند دسترسی به مواد کمتر از حد بحرانی را افزایش دهند (کم آبی و کمبود عناصر ضروری) و هم قادرند تاثیر مواد موجود در بیش از حد تحمل را کاهش دهند (سمیت عناصر).

با توجه به مطالب فوق قارچهای اندوفایت به ظاهر باعث کاهش تنوع در اکوسیستم هم از نظر گیاهان (به دلیل رقابت) و هم از حیوانات (به دلیل مسمومیت) می‌گردند. لیکن تناقضاتی در نتایج وجود دارد و برخی مطالعات نشان می‌دهد که قارچهای اندوفایت غنای گونه‌ای را حداقل اگر افزایش ندهند، کاهش نمی‌دهند (Hoveland و همکاران، ۱۹۹۹ ). در مورد حیوانات و علفخواران هم، عوامل مورد بررسی هرگز در اکوسیستمهای واقعی بررسی نشده‌اند و مشکلات ایجاد شده برای حیات وحش در محیطهای آزمایشگاهی و یا محیطهای بسته بررسی شده‌است. نکته قابل توجه این است که قارچهای اندوفایت دارای تنوع بسیار زیادی هستند و همه آنها

Archive of SID

www.SID.ir

دارای قابلیت مقابله با یک تنش خاص نیستند. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که قارچهای اندوفایتی که در هر اکوسیستم تکامل یافته‌اند در واقع اکوسیستم آن منطقه را در مقابل عوامل برهم زننده تعادل که خاص هر منطقه است پایدار کرده‌اند.

**آلودگیهای زیست محیطی، گسترش حضور اندوفایت:** آزمایشها نشان می‌دهند که با افزایش $CO_2$، کارایی گیاهان حاوی قارچهای اندوفایت نسبت به گیاهان عاری از قارچهای اندوفایت بالاتر می‌رود (Clay، ۱۹۹۴).

مشاهده شده است که قارچهای اندوفایت کارایی فوق‌العاده‌ای برای جذب نیتروژن گیاه می‌بخشند، علاوه بر اینکه گیاهان دارای قارچهای اندوفایت نسبت $\frac{NO_3^-}{NH_4^+}$ بیشتری داشته‌اند. دلیل این موضوع را تولید آنزیم گلوتامین سینتاز توسط قارچهای اندوفایت می‌دانند که یکی از اجزای آن $NH_4^+$ برای تولید گلوتامین است (Lyons و همکاران، ۱۹۹۰). سطح جذب بیشتر ریشه‌ها در گیاهان حاوی اندوفایت نیز می تواند به جذب بیشتر یونهای نیترات محلول در آب کمک کند. با این اوصاف، در خاکهای آلوده به نیترات، قارچهای اندوفایت می‌تواند سهم قابل توجهی در کاهش آلودگی آبهای زیرزمینی داشته باشند.

مهمترین نقش قارچهای اندوفایت تاکنون در مقابل حشرات گیاهخوار بررسی شده است، به طوری که قارچهای اندوفایت قابلیت زیادی در دفع حشرات و بازداشتن آنها از تغذیه از گیاه داشته‌اند. این تاثیر در نتیجه حضور آلکالوییدهای تولید شده توسط قارچهای اندوفایت همچون پیرامین و لولین است که مسموم کننده حشرات هستند (Porter، ۱۹۹۴). در صورت استفاده از این قارچهای همزیست در گیاهان علوفه‌ای و چمنی انتظار می‌رود که استفاده از حشره‌کشها و آفت کشهای دیگر بسیار کاهش یابد و کنترل بیولوژیکی آفات توسط این همزیست نقش موثری در کاهش آلودگیهای زیست محیطی خواهد داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

## بحث

قارچهای اندوفایت همزیست با گیاهان خصوصیاتی به گیاه اعطا می‌کنند که به پایداری تولید در اکوسیستم منتهی می‌شود، با این حال بسیاری از قابلیتهای قارچهای اندوفایت هنوز ناشناخته است. با وجود اینکه به نظر می‌رسد که قارچهای اندوفایت با تولید ترکیبهای آنتی‌بیوتیکی اثری منفی بر تجزیه بقایای گیاهی داشته باشند با این حال می‌توانند تجزیه را به گروه خاصی از موجودات اختصاص دهند. از طرف دیگر قارچهای اندوفایت احتمالا می‌توانند خود فرایند تجزیه را بعد از فروافتادن برگها و ساقه‌ها بر روی زمین شروع کنند که به خصوص در مورد قارچهای اندوفایت درختان این موضوع مطرح شده است (Wilson، ۲۰۰۰).

با توجه به اینکه این قارچهای همزیست و به خصوص اندوفایتهای گراسهای مناطق معتدله قادر به استفاده از شرایط عمومی قارچها همچون رشد ساپروفیتی و تولید اسپور نیستند و نسبت به برخی مصنوعات بشری همچون قارچ‌کشها و احتمالا علف‌کشها حساس هستند ممکن است در معرض خطر فرسایش ژنتیکی قرار گیرند و لزوم نگهداری و حفاظت از آنها در شرایط خارج از محیط طبیعی[1] همانند بانکهای ژن ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به تغییرات محیطی و به خصوص دستکاری‌هایی[2] همچون افزایش چرا در مرتع، تبدیل اکوسیستمهای طبیعی به کشتزار و گسترش آفات و امراض و خروج از قرنطینه شدن برخی آفات که بشر در اکوسیستم انجام می‌دهد، به نظر می‌رسد که در آینده درصد حضور قارچهای اندوفایت در گیاهان گسترش خواهد یافت (Hume و Brock، ۱۹۹۷). Freeman و Rodriguez (۱۹۹۸) گزارش کرده‌اند که جهش در یک ژن منفرد، یک نژاد پاتوژن *Colletotrichum* را به یک قارچ اندوفایت همزیست تبدیل

1- Ex situ
2- Ecosystem Surgery

Archive of SID

www.SID.ir

کرده است. شواهد دیگر نیز حضور قارچهای پارازیت گیاهی را به شکل و هیات همزیست در برخی گیاهان و درختان نشان می‌دهد (Stone و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین قارچهای اندوفایت در اکوسیستمهای آینده نقش مهمی ایفا خواهند کرد. با توجه اینکه کشور ایران یکی از مهمترین مراکز تنوع گونه‌های علفی و خویشاوندان گونه‌های زراعی می باشد شروع تحقیقات در این زمینه از اولویت خاصی برخوردار است. جمع‌آوری، حفظ و بررسی گونه‌های مختلف گیاهان بومی حاوی اندوفایت مرحله مقدماتی این تحقیقات است. در مراحل بعدی می‌توان اقدام به جداسازی، بررسی تنوع ژنتیکی ایزوله‌های قارچ و گونه‌های میزبان، بررسی روابط متقابل قارچ میزبان و فراهم آوردن تکنیکهایی جهت انتقال قارچ از گونه‌ای به گونه دیگر و اصلاح گیاهان مرتعی کرد. در این راستا بسیاری از روشهای بیوتکنولوژیکی و سنتی را می‌توان به خدمت گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول شماره ۱- مقایسه میانگین خصوصیات فنوتیپی گیاهان در حضور یا عدم حضور قارچهای اندوفایت (محمدی و میرلوحی، ۱۳۸۲).**

| صفت | ژنوتیپ | | | | LSD*** |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۶۰** $E^{+}$* | ۶۰ $E^{-}$ | ۷۵ $E^{+}$ | ۷۵ $E^{-}$ | |
| تعداد پنجه در بوته | ۵۰/۲ a | ۲۹/۴۶ b | ۴۴/۸۶ a | ۲۹/۶۳ b | ۶/۳۶ |
| بیوماس هوایی تر (گرم در بوته) | ۶۴/۴۶ ab | ۳۷/۷۴ c | ۷۵/۷۱ a | ۵۷/۹۹ b | ۶/۷۵ |
| بیوماس هوایی خشک (گرم در بوته) | ۱۵/۶۶ ab | ۹/۴۹ c | ۱۷/۲ a | ۱۲/۹ bc | ۱/۹۴ |
| سطح برگ در هر بوته (سانتیمتر مربع) | ۲۰۰۲/۸ a | ۹۴۰/۶۷ b | ۱۸۵۴/۵۱ a | ۱۰۶۹/۷ b | ۳۸۲/۵ |
| ارتفاع گیاه (سانتیمتر) | ۳۰ a | ۲۶ b | ۳۶/۹ a | ۳۲/۱۶ ab | ۳/۷۴ |
| عمق طوقه (سانتیمتر) | ۳/۳۷ a | ۱/۷۶ c | ۳/۳ a | ۲/۷۵ b | ۰/۴۴ |
| وزن تر ریشه در بوته (گرم) | ۲۲/۲۲ a | ۹/۴۴ b | ۱۵/۱۹ b | ۱۰/۸۱ b | ۳/۷۸ |
| وزن خشک ریشه در بوته (گرم) | ۹/۱۳۵ a | ۳/۴۱۵ b | ۵/۳۱ b | ۳/۸۷۶ b | ۱/۶۲ |
| نسبت وزن خشک هوایی به وزن خشک ریشه | ۱/۷۱ b | ۲/۷۸ a | ۳/۲۴ a | ۳/۳۳ a | ۰/۹۳ |
| نسبت محتوای آب بخش هوایی | ۰/۷۴ a | ۰/۷۶ a | ۰/۶۸ a | ۰/۷۲ a | ۰/۱۱ |
| نسبت محتوای آب ریشه | ۰/۵۸ a | ۰/۶۴ a | ۰/۶۵ a | ۰/۶۳ a | ۰/۱۴ |

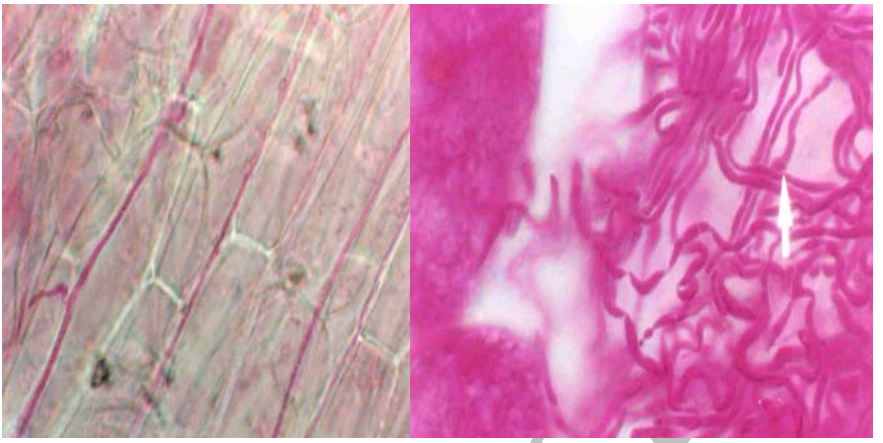
* $E^{+}$ و $E^{-}$ به ترتیب به معنی دارای قارچهای اندوفایت وعاری از قارچهای اندوفایت می‌باشد.

** ۶۰ و ۷۵ به ترتیب ژنوتیپهای *Festuca pratensis* و *Festuca arundinacea* می‌باشند.

*** میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نمی‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir



**شکل شماره ۱- هیفهای قارچ اندوفایت در اندوسپرم بذر گیاه چچم (راست) و غلاف برگ *Festuca arundinacea* (چپ).**

**شکل شماره ۲- رشد ریشه گیاهان حاوی قارچ اندوفایت در مقایسه با گیاهان عاری از قارچ اندوفایت.**

www.SID.ir

## منابع


۱- سبز علیان، م.، ۱۳۸۱. بررسی مقاومت به شوری القایی توسط اندوفایت در گیاه فسکیوی بلند (*Festuca arundinaceae*). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- محمدی، ز. و میرلوحی، آ. ف.، ۱۳۸۲. تاثیر قارچهای اندوفایت در بهبود ویژگیهای فنوتیپی فسکیوی بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) و فسکیوی مرتعی (*Festuca pratensis* Huds.) بومی ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هفتم، شماره دوم.

3- Arachevaleta, M., Bacon, C.W., Hoveland, C.S. and Redcliffe, D.E., 1989. Effect of the tall fescue endophyte on plant response to environmental stress. Agronomy Journal, 81: 83-90.

4- Clay, K., 1994. The potential role of endophytes in Ecosystems. 73 – 86. In: Bacon, C.W. and White, J.F. (eds.). Biotechnology of Endophytic Fungi of Grasses. CRC press, Inc. United States.

5- De Battista, J.P., Bacon, C.W., Severson, R., Plattner, R.D. and Bouton, J.H., 1990. Indole acetic acid production by the fungal endophyte of tall fescue. Agronomy Journal, 82: 878-880.

6- Freeman, S. and Rodriguez, R.J., 1998. Genetic conversion of a fungal pathogen to a nonpathogenic endophytic mutualist. Science, 260: 75-78.

7- Hoveland, C.S., Bouton, J.H. and Durham, R.G., 1999. Fungal endophyte effects on production of legumes in association with tall fescue. Agronomy Journal, 91: 897-902.

8- Hume, D.E., and Brock, J.L., 1997. Increase in endophyte incidence in perennial ryegrass at Palmerston North, Manawatu, New Zealand. 61-65. In: Bacon C. W. and Hill N. S. (eds.). Proc. of the third International Symposium on *Acremonium/*grass Interaction. Plenum Press, New York.

9- Lyons, P.C., Evans, J.J., and Bacon, C.W., 1990. Effects of the fungal endophyte acremonium coenophialum on Nitrogen accumulation and Metabolism in tall fescue. Plant Physiology, 92. 726-732.

10- Malinowski, D.P., and Belesky, D.P., 2000. Adaptation of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. Crop Science., 40: 923-940.


Archive of SID

www.SID.ir

11- Marks, S., and Clay, K., 1996. Physiological responses of *Festuca arundinacea* to fungal endophyte infection. New Phytology, 133: 727-733.
12- Marshall, D., Tunali, B., and Nelson, L.R.,1999. Occurrence of fungal endophytes in species of wild *Triticum*. Crop Science, 39: 1507- 1512.
13- Odum, E.P., 1983. Basic ecology. Harcourt Brace College Publishers. England.
14- Porter, J.K., 1994. Chemical constituents of grass endophytes. 103-124. In: Bacon, C.W. and white, J.F. (eds.). Biotechnology of Endophytic Fungi of Grasses. CRC press, Inc. United States.
15- Prestidge, R.A., Marshall, S.L. and Thom, E.R., 1997. Seasonal earthworm densities on ednophyte - infected and endophyte-free perennial ryegrass. Proceeding of 50th New Zealand Plant Protection Society Conference.
16- Rice, J.S., Pinkerton, B.W., Stringer, W.C. and Undersander D.J., 1990. Seed production in tall fescue as affected by fungal endophyte. Crop Science, 33: 145-149.
17- Stone, J.K., Bacon, C.W., and White, Jr., J.F., 2000. An overview of endophytic microbes: endophytism defined. 3-29. In: Bacan, C.W. and White, J.F. (eds.). Microbial Endophytes, Marcel Dekker, Inc. New York.
18- White, Jr., J.F., 1987. Widespread distribution of endophytes in the Poaceae. Plant Disease, 1, 340-342.
19- Wilson, A.D., Kaiser, W.J., and Lester, D.G., 1991. First report of clavicipitaceous endophytes in *Hordeum* species. Plant Disease, 75: 215.
20- Wilson, D., 2000. Ecology of woody plant endophytes. 389-421. In: Bacon, C.W., and White, J.F. (eds). Microbial Endophytes, Marcel Dekker, Inc.

Archive of SID

www.SID.ir

# Role of endophytic fungi in grassland ecosystems of Iran

**M. R. Sabzalian[1], R. Mohammadi[1], M. Khayyam Nekouie[2], A. F. Mirlohi[1] and M. Basiri[3]**

## Abstract

Symbiotic relationship has been found between endophytic fungi and most cool-season grasses including 80 genera and 100 species of subfamily *Pooideae*. In this relation, endophytic fungi gain their food and energy from host plants and instead improve host characteristics such as yield and render plants resistant to dense grazing and biotic and abiotic stresses. This effects induced from endophytic fungi can increase net production and stability in ecosystem. Results of studies conducted in past years by authors in tall fescue showed that endophytic fungi improve phenotypic characteristics of plants under stress and non-stress environments. That includes increase of root biomass, tiller number, crown depth and forage yield. Conferred traits are generally through production of some bioactive compounds that can affect ecosystem maintenance. Other studies showed that occurrence of stress environment may cause more superiority of endophyte- infected plants than endophyte-free versions and extensive prevalence of plants containing endophyte may be predictable in the future. Research strategies at present and in future, are better conception of host-endophyte genetic interactions and transfer of this symbiosis to other forage plants.

**Key words:** Endophytic Fungi, Grass, Range Land Ecosystem and Symbiotic Relationship.

Archive of SID

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology.

2 - Isfahan Research Center of Animal Science and Natural Resource.

3- Department of Range Management , College of Natural Resources, Isfahan University of Technology.

www.SID.ir