تحقیقات میکوریزی و چالش‌های آن

مهدی زارعی
دانشیار بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

چکیده

در این مقاله برخی تحقیقات میکوریزی و چالشهای آن شامل تاریخچه تشکیل همزیستی میکوریزی و تکامل آن، ساختار و توسعه همزیستی، روابط ریزجانداران در میکوریزوسفر، اثرات متقابل جانداران تراریخت و قارچ، دانش و اطلاعات از جریان و متابولیسم کربن در همزیستی میکوریزی و راه های کنترل و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی، چگونگی ارتباط بین مطالعات مورفولوژیک، ژنومیک و زیر مجموعه های ترانسکریپتومیکس، پروتئومیکس و متابولومیکس این قارچها و کاربرد آن ها برای اهداف خاص، مفهوم و تعریف گونه و ارایه روش دقیق شناسایی آن، فرمولاسیون تولید و مصرف مایه تلقیح این قارچها، جایگاه و سهم همزیستی میکوریزی و ارتباط آن با سایر علوم از جمله علوم خاک، بیولوژی و ژنتیک بررسی شده است.

واژه های کلیدی: میکوریز آربوسکولار، تغییرات اقلیمی، بیولوژی ژنومیک.

مقدمه

همزیستی های از نوع مسالمت آمیز در طبیعت بسیار رایج و دارای اهمیت اقتصادی و اثرات قوی روی بسیاری از فرایندهای اکولوژیک است. همزیستی میکوریزی شامل روابط متقابل بین قارچ و ریشه گیاه است که دارای اثرات تغذیه ای، دفاع در مقابل بیمارگرها و سازگاری و تحمل تنشهای مختلف محیطی می باشد. قارچ های میکوریزی از نظر ساختار و عمل بسیار متفاوتند و علی رغم بسیاری از استثناء ها، در هر شیب آب و هوایی اکثر گیاهان را کلنیزه می کنند. تصور بر این است که قارچهای میکوریز آربوسکولار نقش اصلی را در کلنیزاسیون گیاهان ابتدایی داشته اند. حضور اندامهای قارچی در بافته های گیاهی ابتدایی الگافیتون در فسیلهای آهکی دوران دوونین (۴۰۰ میلیون سال پیش) و اسپور و هیفهای فسیل شده قارچ در صخره های دولومیتی اردویسین (۴۶۰ میلیون سال پیش) مشابه نمونه امروزی این قارچها گزارش شده است. خلاصه ای دانش انسان از تکامل قارچهای میکوریز آربوسکولار در دوره های مختلف زمین شناسی و گیاهان مختلف توسط Bonfante و Genre(۲۰۰۸) ارایه شده است. بر اساس ساعت ملکولی منشا گلومرومیکوتا ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ میلیون سال برآورد شده است. مدارک فسیلی در مورد تولید مثل جنسی این قارچها وجود ندارد و قارچهای میکوریز آربوسکولار امروزی هم دارای تولیدمثل غیر جنسی اند. این موضوع از دیدگاه تکاملی، حضور امروزی این قارچها را با چالش مواجه کرده است لذا بررسی دقیق تر وضعیت تکاملی این قارچ ها ضروری است. چرخه زندگی این قارچها به فازهای غیر همزیست و همزیست تقسیم می شود و دارای پنج مرحله مجزا است. مرحله غیر همزیست کوتاه و شامل زندگی هاگ و رشد ریسه متصل به آن در خاک است و مرحله همزیست شامل برقراری ارتباط با ریشه گیاه میزبان، و تشکیل ساختار های مشخص (وزیکول، آربوسکول و مارپیچ ها) در آن است. تشکیل و توسعه همزیستی میکوریزی با تبادل علایم یا پیامهای ملکولی بین قارچ و گیاه آغاز می شود. ریشه های گیاهی دو دسته مواد شامل استریگولاکتون ها و ترکیبات فلاونوئیدی را ترشح می کنند. این مواد به کمک انتقال دهنده ها به خارج ریشه می آیند. پیام های گیاهی توسط گیرنده های پروتئینی موجود در غشا و در ادامه پروتئین های پایین دست ریسه های قارچ درک می شوند. در مرحله غیر همزیستی با تحریک ژنهای قارچی فاکتور Myc تولید و به عنوان پیام برای گیاه میزبان عمل می کند که توسط گیرنده های خاص در غشای سلول های روپوست ریشه تشخیص داده می شوند. بدنبال درک پیام های قارچی توسط گیاه و اتصال ریسه به سطح ریشه میزبان تغییرات ساختاری در ریسه ایجاد می شود و همچنین

با کمک انزیم های قارچی ریسه وارد سلول گیاهی می شود. حرکت ریسه در داخل پوست ریشه انجام می گیرد و از طریق دو روش آروم و پاریس با نفوذ به داخل سلول ها، مارپیچ ها و آربوسکول را به وجود می آورند. تشکیل آربوسکول با حداقل دو موج در تغییرات بیان ژن سلول ها همراه است موج اول در ارتباط با بیان ژن های مانند سرین کربوکسی پپتیداز (*scp*) در قبل و زمان شکل گیری آربوسکول و موج دوم شامل بیان ژن هایی همچون *pt4*،*str1*،*str2* در زمان تشکیل آربوسکول و در سلول حاوی آن می باشد. مراحل تکوین آربوسکول با استفاده از بیان ژن ها توسط گوتجاهد و پارینسک (۲۰۱۳) بحث و ارایه شده است. مطالعات نشان داده است که تا بیست درصد قند تولید شده توسط فتوسنتز در سلولهای مزوفیل برگ در گیاه می تواند به دو شکل ساکارز و فرکتوز در اختیار قارچ قرار گیرد. متابولیسم کربن در قسمت های درون و برون ریشه ای ساختارهای میکوریزی متفاوت است (Bago et al., 2002). مطالعات با استفاده از مواد نشان دار و تکنیک های رزنانس مغناطیس هسته ای، دانش ما را راجع به مدل های کاری جریان کربن در همزیستی افزایش می دهد. استفاده از کربن نشاندار ۱۳(C^{13}) به چگونگی انتقال و سوخت و ساز قند در قارچ های میکوریزی کمک زیادی کرده است. نخستین محصولات حاصل از هگزوزها در درون ریسه های قارچی، ترهالوز و گلیکوژن می باشد. این قندها برای تولید کتین، انرژی در میتوکندری و تولید تری آسیل گلیسرول فراوانترین ملکول چربی مصرف می شود. یکی از چالش های آینده می تواند مطالعه دقیق و کامل توسعه همزیستی میکوریزی و متابولیسم کربن خصوصا در فاز غیر همزیستی و جوانه زنی اسپور باشد که شاید بتوان به معمای موجود در مسیر تولید انبوه مایه تلقیح این قارچها به صورت خالص و بدون آلودگی دست یافت و همچنین شناسایی موتانهای میکوریزی و همسانه سازی کردن ژن های القایی در همزیستی است که بتوان یک تصویر ملکولی از اتفاقات در زمان توسعه همزیستی بدست آورد. قارچ های میکوریزی بطور قابل ملاحظه ای بر ترشحات ریشه ای و جامعه میکروبی ریزوسفر، ریزوپلان و بافت های درونی ریشه به صورت تحریک کنندگی و بازدارندگی تاثیر می گذارند. تفاوت های فیزیولوژیک و ملکولی ذاتی بین گونه های قارچی و خصوصیات مواد ترشح شده بوسیله ریزجانداران، بر ترشحات ریشه ای و سازگاری قارچ تاثیر می گذارد. امروزه از اهداف و مطالعات بیولوژی کشاورزی، مشخص کردن روابط میکروبی و حتی جانوری در ریزوسفر و بهینه کردن همه اجزا به منظور تناسب و سازگاری هر چه بیشتر آنها با یکدیگر و افزایش کارایی مجموعه است. در سالهای اخیر گیاهان و ریزجانداران تراریخته متعددی تولید شده اند که لازم است اثرات متقابل این جانداران تراریخت با قارچ های میکوریزی بیشتر بررسی گردد. تغییرات اقلیمی موضوع قابل توجهی است که در آن افزایش دمای کره زمین یک خطربسیار جدی محسوب می شود. افزایش غلظت دی اکسید کربن و بدنبال آن افزایش دما بطور پیوسته گزارش شده است. قارچ های میکوریزی در تنظیم جریان های کربن بین اتمسفر و بیوسفر نقش مهمی دارند. ذخیره کربن در خاکها بواسطه انتقال مواد فتوسنتزی گیاه به اندامهای قارچی در تخلیه کربن اتمسفر نقش بسزایی دارد. شناسایی گونه های گیاهی و قارچی مناسب در انجام بهتر فرایند مهم است. بطورکلی یکی از چالش های تحقیقات میکوریزی، بدست آوردن دانش و اطلاعات بیشتر از جریان های کربن در میکوریز ها، راه های کنترل آن و ارتباط این جریان با بودجه کربن اکوسیستم است که اساسی برای تعادل کربن در مقیاس جهانی است (Soderstrom, 2002). از چالش های دیگر بررسی دقیق مکانیسم ها و اثرات متقابل قارچ و گیاه و تعیین بهترین گزینه ها به عنوان خاکدانه ساز های برتر است که در تثبیت ساختمان خاک و کاهش فرسایش خاک و ریزگردها می تواند نقش مهمی ایفا کند. امروزه مطالعات باارزش در زمینه های ژنوم، ترانسکریپتوم، پروتئوم و متابولوم و... این قارچها در منابع مختلف و پایگاه داده ای وجود دارد و البته نیاز است کامل گردد. یکی از چالش های پیش روی محققین میکوریز آربوسکولار این است که چطور این اطلاعات جدید و ترکیب آنها را برای اهداف خاص بکار ببرند. امروزه در جهان، رشته ها و برنامه های آموزشی جدیدی با نام های بیولوژی تخمینی، بیولوژی محاسبه ای و بیوانفورماتیک ایجاد شده است که دانشجویان علوم بیولوژی، ریاضی و کامپیوتر می توانند با همدیگر همکاری نمایند و روی برنامه های متداول تحقیقات انجام دهند. این نوع همکاریها برای مدل سازی این سیستم ها مورد نیاز است و پیشرفت در این زمینه می تواند دریچه های تحقیقاتی جدیدی را باز کند. تکنیک های ملکولی امروزه اکولوژی این قارچ ها دگرگون ساخته و فرصت شناسایی قارچ را در ریشه و یا اسپور فراهم نموده است. DNA ژنومی، زیرواحدهای کوچک و بزرگ و منطقه DNA ITS ریبوزومی با استفاده از آغازگرهای عمومی و اختصاصی امکان مطالعه تاکسونومیک این قارچ ها را فراهم نموده است. این قطعات در همه این جانداران

وجود دارد، به خوبی حفظ شده اند، انتقال افقی ندارند و توالی های آنها در پایگاه داده ها برای محققین قابل دسترس است. اجباری بودن همزیستی، داشتن اسپورهای غیرجنسی، عدم توانایی آمیزش در شرایط آزمایشگاهی، چند شکلی بودن DNA ریبوزومی، وجود DNA خارجی و توالی های به اشتباه نامگذاری شده سبب گردیده است که مفهوم گونه و خصوصا گونه فیلوژنتیک برای گلومال ها به صورت یک راز باقی بماند. بطور کلی یکی از چالش های آینده تعیین مفهوم و تعریف گونه و همچنین ارایه روش شناسایی دقیق آن است. شناخت باکتریهای همراه اسپور یا کمک کننده همزیستی و بدست آوردن فرمولاسیون مایه تلقیح قارچی و باکتریایی مناسب به منظور افزایش کارایی همزیستی و تولیدات گیاهی از چالشهای تحقیقات میکوریزی در آینده است. گلومرومیکوتا بر اساس مطالعه تک ژنی زیر واحد کوچک ریبوزومی طبقه بندی شده است که نیاز است با مطالعه ژنهای تک نسخه ای از جمله بتا توبولین، اکتین؛ H^+-ATPase ، EF1-alphaو.... نیز تجزیه و تحلیل شود و اعتبار سنجی گردد. اهمیت همزیستی میکوریزی در طبیعت و اثرات مفید آن روی بسیاری از فرایندهای بیولوژیک، سبب گردیده است که محققین میکوریزی جایگاه مناسب برای توسعه تحقیقات میکوریزی در آینده داشته باشند. بنابراین یکی از چالش های عمده برای محققین میکوریزی در سال های آتی، مطالعه و بررسی گسترده تر همزیستی میکوریزی در ارتباط با علوم مختلف از جمله بیولوژی و.... و شرکت فعالانه در کلیه کنفرانس های بیولوژی، ژنتیک و علوم خاک و... است.

منابع

Bago B., Zipfel W., Williams R.M., Jun J., Arreola R., Lammers P.J., Pfeffer P.E. and Shachar-Hill Y. 2002. Translocation and utilization of fungal storage lipid in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Plant Physiology, 128: 108–124.

Bonfante P. and Genre A. 2008. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary-developmental perspective. Trends in Plant Science, 13:492-498.

Gutjahr C., and Parniske M. 2013. Cell and development biology of arbuscular mycorrhizal symbiosis. Annual Reviews, 29:593-617.

Soderstrom B., 2002. Challenges for mycorrhizal research into the new millennium. Plant and Soil, 244: 1-7.

Mycorrhizal research and its challenges

Mehdi Zarei
Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University

Abstract

In this paper, some areas of mycorrhizal research and their challenges such as origin and evolution, structure and development stages of symbiosis, understanding of carbon flows and metabolism and ways to control these and relation to global climate change, how to good use presents of the data of morphological, genomic and sub-disciplines: transcriptomics, proteomics and metabolomics, etc and how to use this new information for particular purposes, species definition and methods of identification, the production and usage of mycorrhizal inoculants, place and contribution of mycorrhizal research and researches, and their relations with different science were discussed.

Keywords: Arbuscular mycorrhiza, climate change, genomic biology.