بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه فردوسی مشهد

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

نقش هیف‌های خارجی میکوریزای آربسکولار در جذب فسفر، روی و کادمیم در شبدر سفید

آیدا معدنی ملاک

اساتید راهنما:

دکتر امیر لکزیان -دکتر غلامحسین حق نیا

استاد مشاور:

دکتر رضا خراسانی

۱۳۹۰

دانشگاه فردوسی مشهد

این پایان نامه با عنوان « **نقش هیف‌های خارجی میکوریزای آربسکولار در جذب فسفر، روی و کادمیم در شبدر سفید**» توسط « **ایدا معدنی ملاک** » در تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۲۸ با نمره **۲۰ بیست** و درجه ارزشیابی **عالی** در حضور هیات داوران با موفقیت دفاع شد.

تاریخ دفاع ۲۸ /۱۳۹۰/۱۰ نمره **۲۰ بیست** و درجه ارزشیابی **عالی**

هیات داوران:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	سمت در هیات	امضاء
۱	دکتر امیر لکزیان	دانشیار	استاد راهنما	
۲	دکتر غلامحسین حق نیا	استاد	استاد راهنما	
۳	دکتر رضا خراسانی	استادیار	استاد مشاور	
۴	دکتر علیرضا آستارایی	دانشیار	استاد مدعو	
۵	دکتر پریسا طاهری	استادیار	استاد مدعو	
۶	دکتر حجت امامی	استادیار	نماینده تحصیلات تکمیلی	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: نقش هیف‌های خارجی میکوریزای آربسکولار در جذب فسفر، روی و کادمیم در شبدر سفید

اینجانب آیدا معدنی ملاک دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی اساتید راهنما دکتر امیر لکزیان و دکتر غلامحسین حق نیا متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد یگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و فراوردهات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

یکی از وظایف اصلی قارچ‌های میکوریزای آربسکولار انتقال عناصر معدنی از خاک به گیاهان می-باشد. در این زمینه پایش هیف‌های خارجی میکوریزای آربسکولار عاملی بسیار مهم در ارزیابی انتقال عناصر توسط این قارچ‌ها می‌باشد. به منظور بررسی کارایی هیف‌های خارجی میکوریزای آربسکولار در انتقال عناصر کادمیم، روی و فسفر به گیاه شبدر سفید، گلدان‌های آزمایشی توسط غشای نایلونی با اندازه منافذ ۳۰ میکرومتر به دو بخش هیفی و ریشه‌ای تقسیم شدند. آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل (۳×۶) در سه تکرار در شرایط گلخانه اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل دو گونه قارچ میکوریزا (قارچ‌های گلوموس موسه و گلوموس اینترارادیسز) و بدون قارچ میکوریزا و شش ترکیب از عناصر روی، کادمیم و فسفر (روی ۴۰۰ ، کادمیم ۲۵، فسفر ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نمونه خاک ، روی و کادمیم، فسفر و روی و کادمیم به همان غلظت‌ها و شاهد بدون هیچ عنصر) بودند. گیاهان در بخش ریشه‌ای رشد داده شدند و عناصر مورد نظر در بخش هیفی گلدان به نمونه‌های خاک اضافه شدند. رطوبت خاک گلدان‌ها در حد ۷۰ درصد ظرفیت نگهداری آب توسط آب مقطر به صورت روز در میان تنظیم شد. گیاهان بعد از ۹۰ روز برداشت شدند و کلونیزه شدن ریشه، جذب فلزات و فسفر، محتوی گلومالین خاک با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد تیمارهای میکوریزایی جذب فسفر و روی در اندام هوایی و ریشه گیاهان را در مقایسه با تیمارهای غیرمیکوریزایی افزایش دادند. جذب روی در اندام هوایی به طور میانگین هفت برابر بیشتر از ریشه گیاه شبدر بود. هر دو قارچ میکوریزای آربسکولار جذب کادمیم در اندام هوایی و ریشه شبدر سفید را افزایش دادند، اما جذب در ریشه دو برابر بیشتر از اندام هوایی بود. نتایج همچنین نشان داد زمانی‌که فسفر، روی و کادمیم به بخش‌های هیفی گلدان اعمال شدند، کلونیزه شدن ریشه و تولید گلومالین کاهش پیدا کرد. همچنین وجود یک همبستگی مثبت بین پروتئین اندازه‌گیری شده به روش برادفورد و کلونیزه شدن ریشه آشکار شد.

واژه‌های کلیدی: گلوموس موسه، گلوموس اینترارادیسز، کادمیم، روی، فسفر، گلومالین

تقدیر و تشکر

نخست از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر امیر لکزیان کمال تقدیر و تشکر را دارم که در لحظه لحظه شکل‌گیری این پژوهش با نهایت توجه و دلسوزی به اینجانب یاری رسانده و همکاری لازم را مبذول داشتند.

جناب آقای دکتر غلامحسین حق نیا از اساتید به نام خاکشناسی ایران که در مقام استاد راهنما کمک شایانی در پیشبرد این پایان‌نامه نمودند. جناب آقای دکتر رضا خراسانی از اساتید ارزشمند دانشکده که در شکل‌گیری این پایان‌نامه اینجانب را یاری نمودند.

لازم می‌دانم از خانم دکتر اکرم حلاج نیا و خانم مهندس فهیمه نیک بین که در مراحل عملی و آزمایشگاهی این پژوهش کمک نمودند تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین سپاس و تشکر از تمام عزیزانی که در طی انجام این پژوهش از کمک‌های ایشان بهره‌مند بوده‌ام و توفیق روز افزونشان را از درگاه خداوند آرزو می‌کنم.

با آرزوی موفقیت...

تقدیم به

به پدر و مادر عزیزم برای دلسوزی‌هایشان

تقدیم به همسر خوبم

و تقدیم به همه آنانکه دوستشان دارم...

به نام خدای سزاوار پرستش

آن مهربان به روزی دادن

آن بخشنده به گناه آمرزیدن

پادشاه روز شمار و قضا و پاداش

ترا می‌پرستیم و بس و یاری از تو خواهیم و بس...

فهرست مطالب

فصل اول ۱

مقدمه ۱

فصل دوم ۵

بررسی منابع ۵

۲-۱ میکوریزا ۵

۲-۱-۱ انواع میکوریزا ۶

۲-۲ قارچ های میکوریزای آربسکولار ۷

۲-۲-۱ طبقه بندی قارچ های میکوریزای آربسکولار ۷

۲-۲-۲ ساختارهای قارچ میکوریزای آربسکولار ۹

۲-۲-۳ ویژگی هیف های خارجی قارچ میکوریزای آربسکولار ۱۰

۲-۲-۴ تکثیر و چرخه حیات ۱۱

۲-۳ وابستگی میکوریزایی ۱۲

۲-۴ اهمیت قارچ های میکوریزای آربسکولار در روابط خاک و گیاه ۱۴

۲-۵ نقش قارچ های میکوریزای آربسکولار در انتقال عناصر غذایی به گیاه ۱۵

۲-۵-۱ جذب نیتروژن در گیاهان میکوریزایی ۱۶

۲-۵-۲ جذب فسفر در گیاهان میکوریزایی ۱۷

۲-۶ تاثیر فسفر بر فعالیت قارچ های میکوریزای آربسکولار ۱۸

۲-۷ نقش قارچ های میکوریزای آربسکولار در انتقال عناصر سنگین ۱۹

۲-۷-۱ نقش قارچ های میکوریزای آربسکولار در انتقال عنصر کادمیم ۲۰

۲-۷-۲ نقش قارچ های میکوریزای آربسکولار در انتقال عنصر روی ۲۱

۲-۸ راهکارهای قارچ میکوریزای آربسکولار در تثبیت عناصر سنگین ۲۳

۲-۹ تاثیر عناصر سنگین بر فعالیت قارچ های میکوریزای آربسکولار ۲۵

۲-۱۰ روش های ارزیابی فعالیت قارچ های میکوریزای آربسکولار در خاک ۲۶

۲-۱۰-۱ روش های میکروسکوپی ۲۷

۲-۱۰-۲ شاخص های بیوشیمیایی ۲۸
۲-۱۰-۲-۱ گلومالین ۲۸
فصل سوم ۳۱
مواد و روش ها ۳۱
۳-۱ تهیه و آماده سازی خاک ۳۱
۳-۲ تجزیه خاک ۳۱
۳-۳ تهیه ماده تلقیحی ۳۲
۳-۴ تهیه گلدان ها ۳۲
۳-۵ تیمارهای آزمایش ۳۳
۳-۶ مراحل کاشت، داشت و برداشت ۳۴
۳-۷ تجزیه گیاه ۳۴
۳-۸ رنگ آمیزی ریشه ها ۳۵
۳-۹ اندازه گیری درصد کلونیزه شدن ریشه ها ۳۶
۳-۱۰ استخراج گلومالین ۳۷
۳-۱۱ سنجش گلومالین به روش برادفورد (Bradford) ۳۸
۳-۱۲ تجزیه آماری ۳۹
فصل چهارم ۴۰
نتایج و بحث ۴۱
۴-۱ ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش ۴۱
۴-۲ تاثیر قارچ های میکوریزای آربسکولار بر جذب فسفر ۴۲
۴-۳ تاثیر قارچ های میکوریزای آربسکولار بر جذب روی ۴۷
۴-۴ تاثیر قارچ های میکوریزای آربسکولار بر جذب کادمیم ۵۵
۴-۵ تاثیر کادمیم بر انتقال روی توسط هیف های خارجی قارچ های میکوریزای آربسکولار ۶۳
۴-۶ تاثیر روی برانتقال کادمیم توسط هیف های خارجی قارچ های میکوریزای آربسکولار ۶۶
۴-۷ تاثیر فسفر برانتقال روی توسط هیف های خارجی قارچ های میکوریزای آربسکولار ۶۸
۴-۸ تاثیر فسفر برانتقال کادمیم توسط هیف های خارجی قارچ های میکوریزای آربسکولار ۷۱

۴-۹ تاثیر عناصر فسفر، روی و کادمیم بر میزان گلومالین تولید شده توسط قارچ های میکوریزای آربسکولار..... ۷۳
۴-۱۰ همبستگی بین غلظت گلومالین و درصد کلونیزه شدن ریشه..... ۷۷
فصل پنجم..... ۷۹
نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۷۹
۵-۱ نتیجه گیری..... ۷۹
۵-۲ پیشنهادات..... ۸۱
منابع علمی..... ۸۳
پیوست..... ۹۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱- نمایی شماتیک از گلدان دو بخشی (بخش ریشه ای (A) و بخش هیفی (B)) ۳۳

شکل ۳-۲- نمایی از سیستم های کشت دو بخشی (بخش ریشه ای و بخش هیفی)..... ۳۳

شکل ۳-۳ مشاهده ساختارهای قارچ میکوریزا در ریشه ۳۶

شکل ۳-۴ تعیین درصد کلونیزه شدن ریشه..... ۳۷

شکل ۴-۱- تاثیر قارچ های میکوریزا بر جذب فسفر در اندام هوایی گیاه..... ۴۲

شکل ۴-۲- تاثیر تیمار عناصر مختلف بر جذب فسفر در اندام هوایی گیاه..... ۴۵

شکل ۴-۳- برهمکنش قارچ های میکوریزا و دو سطح فسفر بر جذب فسفر در اندام هوایی گیاه..... ۴۵

شکل ۴-۴- درصد کلونیزه شدن ریشه در تیمارهای گلوموس موسه (GM) و گلوموس اینترارادیسز (GI) در دو سطح مختلف فسفر..... ۴۷

شکل ۴-۵- تاثیر قارچ های میکوریزا بر جذب روی در اندام هوایی گیاه ۴۸

شکل ۴-۶- تاثیر تیمار عناصر مختلف بر جذب روی در اندام هوایی گیاه ۴۸

شکل ۴-۷- برهمکنش قارچ های میکوریزا و دو سطح روی بر جذب روی در اندام هوایی گیاه..... ۴۹

شکل ۴-۸- تاثیر قارچ های میکوریزا بر جذب روی در ریشه گیاه..... ۵۱

شکل ۴-۹- تاثیر تیمار عناصر مختلف بر جذب روی در ریشه گیاه ۵۱

شکل ۴-۱۰- برهمکنش قارچ های میکوریزا و دو سطح روی بر جذب روی در ریشه گیاه..... ۵۳

شکل ۴-۱۱- درصد کلونیزه شدن ریشه در تیمارهای گلوموس موسه (GM) و گلوموس اینترارادیسز (GI) در دو سطح مختلف روی ۵۵

شکل ۴-۱۲- تاثیر قارچ های میکوریزا بر جذب کادمیم در اندام هوایی گیاه ۵۶

شکل ۴-۱۳- تاثیر تیمار عناصر مختلف بر جذب کادمیم در اندام هوایی گیاه..... ۵۶

شکل ۴-۱۴- برهمکنش قارچ های میکوریزا و دو سطح کادمیم بر جذب کادمیم در اندام هوایی گیاه..... ۵۷

شکل ۴-۱۵- تاثیر قارچ های میکوریزا بر جذب کادمیم در ریشه گیاه..... ۵۹

شکل ۴-۱۶- تاثیر تیمار عناصر مختلف بر جذب کادمیم در ریشه گیاه ۵۹

شکل ۴-۱۷- برهمکنش قارچ های میکوریزا و دو سطح کادمیم بر جذب کادمیم در ریشه گیاه ۶۱

شکل ۴-۱۸- درصد کلونیزه شدن ریشه در تیمارهای گلوموس موسه (GM) و گلوموس اینترارادیسز (GI) در دو سطح مختلف کادمیم ۶۳

شکل ۴-۱۹- برهمکنش قارچ های میکوریزا، روی ۴۰۰ و روی ۴۰۰ و کادمیم ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم بر جذب روی در اندام هوایی گیاه ۶۴

شکل ۴-۲۰- برهمکنش قارچ های میکوریزا، روی ۴۰۰ و روی ۴۰۰ و کادمیم ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم بر جذب روی در ریشه گیاه ۶۵

شکل ۴-۲۱- برهمکنش قارچ های میکوریزا، روی ۴۰۰ و روی ۴۰۰ و کادمیم ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم بر جذب کادمیم در اندام هوایی گیاه ۶۶

شکل ۴-۲۲- برهمکنش قارچ های میکوریزا، روی ۴۰۰ و روی ۴۰۰ و کادمیم ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم بر جذب کادمیم در ریشه گیاه ۶۷

شکل ۴-۲۳- برهمکنش مقادیر فسفر، روی، کادمیم بر جذب روی در اندام هوایی تیمارهای بدون میکوریزا (NM)، گلوموس موسه (GM)، گلوموس اینترارادیسز (GI) ۶۹

شکل ۴-۲۴- برهمکنش مقادیر فسفر، روی، کادمیم بر جذب روی در ریشه تیمارهای بدون میکوریزا (NM)، گلوموس موسه (GM)، گلوموس اینترارادیسز (GI) ۷۰

شکل ۴-۲۵- برهمکنش مقادیر فسفر، روی، کادمیم بر جذب کادمیم در اندام هوایی تیمارهای بدون میکوریزا (NM)، گلوموس موسه (GM)، گلوموس اینترارادیسز (GI) ۷۱

شکل ۴-۲۶- برهمکنش مقادیر فسفر، روی، کادمیم بر جذب کادمیم در ریشه تیمارهای بدون میکوریزا (NM)، گلوموس موسه (GM)، گلوموس اینترارادیسز (GI) ۷۲

شکل ۴-۲۷- غلظت گلومالین (میکروگرم بر گرم خاک) در تیمارهای میکوریزایی و غیرمیکوریزایی در دو سطح فسفر..... ۷۴

شکل ۴-۲۸- غلظت گلومالین (میکروگرم بر گرم خاک) در تیمارهای میکوریزایی و غیرمیکوریزایی در دو سطح روی ۷۵

شکل ۴-۲۹- غلظت گلومالین (میکروگرم بر گرم خاک) در تیمارهای میکوریزایی و غیرمیکوریزایی در دو سطح کادمیم. ۷۵

فهرست جدول‌ها

جدول ۴-۱ برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش..... ۴۲

فهرست علائم و اختصارات

فارسی	انگلیسی	علامت اختصاری
قارچ‌های میکوریزای آربسکولار	Arbuscular mycorrhizal fungi	AMF
پروتئین اندازه‌گیری شده به روش برادفورد	Bradford-reactive soil protein	BRSP
آلبومین سرم گاوی	Bovine serum albumin	BSA
طرح کاملا تصادفی	Completely randomized design	CRD
گلوموس موسه	*Glomus mosseae*	GM
گلوموس اینترارادیسز	*Glomus intraradices*	GI
غیرمیکوریزایی	Nonmycorrhizal	NM

فصل اول

مقدمه

خاک مظهر یک پیکره پویا و طبیعی در سطح کره زمین است. این زیستگاه زنده طیف وسیعی از جانداران مختلف، شامل گروه بزرگی از نماتدها، پروتوزوئرها، موش‌ها، کرم‌های خاکی، باکتری‌ها، قارچ‌ها، سیانوباکتری‌ها و آرکئاها را در خود جای داده است. هریک از این موجودات نقشی اساسی و محوری در چرخه عناصر در خاک ایفا می‌کنند (جانسا و همکاران، ۲۰۱۱). یکی از وظایف مهم جانداران خاک در تولید و عملکرد اکوسیستم‌ها انتقال عناصر در اشکال قابل استفاده از خاک به گیاه می‌باشد. گیاهان نیز با تولید و رهاسازی مواد آلی مختلف به محیط ریزوسفر، در حقیقت سوخت مورد نیاز برای رشد جمعیت-های میکروبی را فراهم می‌کنند (آدلک، ۲۰۱۰). با دقت در چنین روابطی بین جانداران موجود درخاک و گیاه می‌توان به وجود یک رابطه همزیستی نزدیک بین برخی جوامع میکروبی و گیاهان پی برد. به گونه-ای که در این همزیستی وظیفه گیاه فراهم کردن کربن برای موجودات خاک می‌باشد، حال آن‌که جانداران موجود در خاک عناصر غذایی را از خاک به گیاه منتقل می‌کنند (سیلویا و همکاران، ۱۹۹۸). در روابط همزیستی متنوع بین گیاه و موجودات خاک، همزیستی میکوریزایی از اهمیت خاصی برخوردار است (براندرت، ۲۰۰۲). در این نوع همزیستی انواع مختلفی از قارچ‌های میکوریزا نقش دارند، که در میان آن‌ها قارچ‌های میکوریزا آربسکولار از معمول‌ترین و فراوان‌ترین قارچ‌های این گروه به حساب می‌آیند. وسعت همزیستی قارچ میکوریزای آربسکولار با گیاهان مختلف تا حدی است که تنها شمار محدودی از گیاهان فاقد چنین رابطه همزیستی هستند. به طوری‌که گزارش شده قارچ‌های میکوریزای آربسکولار

همزیست اجباری بیش از ۹۰ درصد گونه‌های گیاهان عالی هستند (ردیکلر و همکاران، ۲۰۰۰). قارچ‌های میکوریزای آربسکولار به‌طور مستقیم از طریق افزایش جذب فسفر و عناصر کم مصرف و به‌طور غیرمستقیم با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند. در نتیجه یکی از اصلی‌ترین کارکردهای قارچ میکوریزای آربسکولار در سیستم‌های کشاورزی انتقال عناصر غذایی به ریشه گیاهان می‌باشد (فدرمن و همکاران، ۲۰۱۰). قارچ‌های میکوریزا با گسترش هیف‌های خارجی خود در محیط خاک پیرامون ریشه باعث افزایش جذب عناصر نسبتا غیرفعال مانند فسفر از خاک به گیاه میزبان می‌شوند (جانسا و همکاران، ۲۰۱۱ و نیومن و جورج، ۲۰۰۴). در شرایط کمبود مواد غذایی در خاک، منطقه تخلیه عناصر غذایی در اطراف ریشه رخ می‌دهد که وسعت این منطقه به تحرک عناصر غذایی در خاک بستگی دارد. هیف‌های خارجی قارچ‌های میکوریزا مانند پلی با عبور از مناطق تخلیه عناصر در اطراف ریشه، باعث افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی می‌شوند (سیلویا و همکاران، ۲۰۰۱ و لین و همکاران، ۲۰۰۰). از دیگر کارکردهای قارچ میکوریزای آربسکولار که در برخی اکوسیستم‌ها و خاک‌های آلوده به آن اشاره شده، انتقال عناصر سنگین به گیاه می‌باشد (آندرید و همکاران، ۲۰۰۵ و زو و همکاران، ۲۰۰۱). گفته شده که قارچ‌های میکوریزای آربسکولار در انتقال عناصر سنگین به گیاه متفاوت عمل می‌کنند (گائور و ادهولیا، ۲۰۰۴). به گونه‌ای که در برخی موارد کلونیزه شدن ریشه‌های گیاه با قارچ میکوریزای آربسکولار کاهش عناصر سنگین در بافت‌های گیاهی (لی و کریستی، ۲۰۰۰ و هگو و همکاران، ۱۹۹۰) و در برخی موارد افزایش غلظت عناصر سنگین در بافت‌های گیاهی را به دنبال داشته است (چن و همکاران، ۲۰۰۳ و آندرید و همکاران، ۲۰۰۵). زمانی‌که قارچ‌های میکوریزا سبب کاهش غلظت عناصر سنگین در گیاه می‌شوند، در واقع با انجام مکانیسم‌هایی قارچ با غیرمتحرک کردن عناصر سنگین در محیط خاک موجب تثبیت زیستی عناصر در خاک شده است (جانوسکووا و همکاران، ۲۰۰۶). در نتیجه انتقال عناصر سنگین به گیاه محدود می‌شود. درمقابل در تحقیقات دیگر به دنبال افزایش غلظت عناصر سنگین در بافت‌های گیاهی در گیاهان میکوریزایی فرآیند تثبیت گیاهی توسط قارچ در

داخل گیاه مطرح شده است (گائور و ادهولیا، ۲۰۰۴). به این ترتیب که قارچ‌های میکوریزا با تجمع عناصر سنگین در بخش ریشه‌ای گیاه مانع از انتقال عناصر به بخش‌های هوایی گیاه شده‌اند (جونر و لیوال، ۱۹۹۷). بنابراین می‌توان گفت رفتار قارچ میکوریزای آربسکولار در انتقال عناصر سنگین به گیاه در مقایسه با عناصر ضروری تا اندازه‌ای متفاوت می‌باشد.

با توجه به نقش قارچ‌های میکوریزای آربسکولار در انقال عناصر مختلف به گیاه، در این تحقیق سعی شده با نگاهی دقیق‌تر به بررسی بخشی از ساختار قارچ میکوریزای آربسکولارکه مسئول اصلی جذب و انتقال عناصر از خاک به گیاه هستند، پرداخته شود. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی نقش هیف-های خارجی قارچ میکوریزای آربسکولار در انتقال عناصر کادمیم، روی و فسفر در گیاه شبدر سفید انجام شد. برای این منظور با به کارگیری ایده‌ای نو محیط رشد هیف‌های قارچ از محیط رشد ریشه گیاه تفکیک شدند. عمل جداسازی این دو محیط با استفاده از غشای نایلونی مخصوصی انجام گرفت. مزیت استفاده از این غشا به صورتی است که هیف‌های قارچ میکوریزا قادر به عبور از این غشا هستند، حال آن-که ریشه‌های گیاه با توجه به قطری که دارند نمی‌توانند از غشای مذکور عبور کنند (لی و جورج، ۲۰۰۵). در این مطالعه با اعمال سه عنصر کادمیم، روی و فسفر به بخشی از محیط کشت که مربوط به رشد هیف‌های قارچ میکوریزا است، نقش هیف‌های خارجی در انتقال عناصر کادمیم، روی و فسفر به گیاه شبدر سفید مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با جداسازی محیط ریزوسفر از محیط میکوسفر در این تحقیق امکانی فراهم شد که به اندازه‌گیری گلیکوپروتئینی به نام گلومالین پرداخته شود. به تازگی در تحقیقات ثابت شده که این گلیکوپروتئین از قارچ‌های میکوریزای آربسکولار در خاک تولید می‌شود و می‌تواند به عنوان شاخصی بیوشیمیایی از حضور قارچ‌های میکوریزای آربسکولاردر خاک در نظر گرفته شود (رزیر و همکاران، ۲۰۰۶).

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱ میکوریزا

واژه میکوریزا[1] از نظر ادبی به معنی قارچ ریشه می‌باشد و از دو کلمه یونانی مایکس[2] به معنی قارچ و ریزو[3] به معنی ریشه گرفته شده است (فرایبرگ، ۲۰۰۱). این کلمه برای اولین بار در سال ۱۸۵۵، توسط یک پاتولوژیست گیاهی به نام فرانک برای توصیف رابطه همزیستی بین ریشه‌های گیاه و قارچ به کار گرفته شد. در این همزیستی وظیفه گیاه فراهم کردن کربن برای قارچ می‌باشد، حال آن‌که قارچ عناصر غذایی را از خاک به گیاه منتقل می‌کند (سیلویا و همکاران، ۱۹۹۸). در چنین رابطه همزیستی وجود یک گیاه میزبان[4]، یک زیستگاه اکولوژیکی[5] و وجود قارچ مناسب[6] از اهمیت خاصی برخوردار است (براندرت، ۲۰۰۴).

---

[1] Mycorrhiza
[2] Mykes
[3] Rhizo
[4] Phytobiont
[5] Soil
[6] Mycobiont

۲-۱-۱ انواع میکوریزا

عامل اصلی در گروه‌بندی انواع میکوریزا وجود ساختارهای مختلف قارچی می‌باشد (براندرت، ۱۹۹۶). بر این اساس انواع مختلف قارچ‌های میکوریزا به ۵ گروه اصلی اکتومیکوریزا[۱]، آربسکولار[۲]، اریکاسئوس[۳]، ارکیداسئوس[۴] و اکتواندومیکوریزا[۵] تقسیم می‌شوند (بن‌فانته و پروتو، ۲۰۰۰). در بین انواع گروه‌ها مشخصه اصلی گروه اکتومیکوریزا حضور هیف در بین سلول‌های ریشه و ایجاد شبکه هیف مانند به نام شبکه هارتینگ است (براندرت، ۲۰۰۲). در دیگر انواع میکوریزا ساختارهای تشکیل شده توسط قارچ می‌توانند در درون سلول‌های ریشه گیاه نفوذ کنند (براندرت، ۲۰۰۲). به‌طوری‌که به گروه‌هایی غیر از اکتومیکوریزا واژه اندومیکوریزا[۶] اتلاق می‌شود. در بین انواع اندومیکوریزا قارچ‌های میکوریزای آربسکولار از گسترش زیادی برخوردارند. ویژگی مهم قارچ‌های میکوریزای آربسکولار ایجاد یک ساختار درخت مانند به نام آربسکول در درون سلول‌های ریشه گیاه میزبان می‌باشد (براندرت، ۱۹۹۶). هرچند قارچ‌های میکوریزای آربسکولار قادر به ایجاد ساختارهای دیگری مثل هیف، اسپور و ویزیکول نیز می‌باشند. از دیگر انواع اندومیکوریزا، اریکاسئوس‌ها هستند که خود شامل سه نوع مختلف اریکوید، آربیوتوید و منوتروپوید می‌شود . در گروه اریکاسئوس نیز نفوذ ریسه ها به درون سلول‌های ریشه دیده شده است (مولینا و همکاران، ۱۹۹۲). در بین این سه نوع آربیوتویدها و منوتروپویدها به دلیل داشتن غلاف و ایجاد شبکه هارتینگ شباهت اندکی نیز به گروه اکتومیکوریزا پیدا کرده‌اند (براندرت، ۲۰۰۲). گروه دیگر ارکیداسئوس‌ها هستند، که قادر به تشکیل ساختارهای کلاف مانند به نام کویل در سلول‌های ریشه گیاه می‌باشند (پرسکات و همکاران، ۲۰۰۵). محققان همچنین وجود یک میکوریزای حد واسط به نام اکتواندومیکوریزا را نیز ثابت کرده‌اند که در این گروه شبکه هارتینگ در درون سلول‌های پوستی ریشه

[1] Ectomycorrhiza
[2] Arbuscular
[3] Ericaceous
[4] Orchidaceous
[5] Ectoendomycorrhiza
[6] Endomycorrhiza