

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (دانشکده علوم زراعی)

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد رشته زراعت

عنوان:

تأثیر قارچ تریکودرما بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو و کاهش جذب کادمیوم در خاک آلوده به نیترات کادمیوم

استاد راهنما:

دکتر بهمت اله سپردشتی

استادان مشاور:

دکتر محمد علی تاجیک

دکتر محمد علی بهمنیار

نخارش:

فاطمه تقوی قاسمی

بهمن ۱۳۹۰

## به نام یگانه یاری دهنده راهنا

به راستی خداوند را چگونه سپاس گویم؟ که بخشیدی به ما تمام، بخشیدی نیت را! و ما غافلیم از تو با آنکه قلم وجود تو در وجود ما انسانهاست!

آموختیم در مهد و طریقت این سایه کسبران دانش و کمک پرورده شدیم بر سر سخنان علمشان و آموختیم از چکامه های حلشان آنچه را که باید با کوش جان نوش می کردیم، چرا که خرد در بستر طوفان زده رشد نمی کند.

صمیمانه ترین مراتب قدر دانی خود را به همه بزرگانی که به نحوی در تکمیل و تنظیم این پیمان نامه دلسوزانه یاری ام کردند تقدیم می دارم.

از استاد راهنمای عزیزم آقای دکتر سپردشتی که صادقانه در این امر خطیر به ما راهنمایم بودند و با تلاش های بی ادعایشان نه تنها در زمینه علمی بلکه در اخلاق و بزرگی نیز الگوی زندگی ما بوده و خواهند بود صمیمانه سپاسگزارم.

بعینین از آقایان دکتر محمد علی تاجیک و محمد علی بهمنیار استادان مشاور ارجمندم که در طول اجرائی طرح از هر گونه کمک به اینجانب دریغ نفرمودند کمال تشکر و قدر دانی را بنمایم.

و در پایان از تمامی دوستان خوبم خانم ها، مهندس الهه شکرپی فرد، مهندس نسیمه اسلامی، آقای دکتر یعقوبیان و تمام عزیزانی که در سخت ترین شرایط به ما یاری و یاورم بودند کمال تشکر را دارم و سلامتی و کامیابی را از نگاه خداوند متعال برای همه این عزیزان خواستارم.

تقدیم به

صاحبان برترین مقام

پدر عزیز و مادر مهربانم

که سلامتیشان آرزوی من است.

## چکیده:

به منظور بررسی اثر قارچ *Trichoderma harzianum* بر عملکرد، اجزای عملکرد گندم و جو و کاهش جذب کادمیوم در خاک آلوده به نیترات کادمیوم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به صورت گلدانی در سال ۱۳۸۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل قارچ *T. harzianum* در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد) و سطوح مختلف نیترات کادمیوم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر) بود. نتایج آزمایش نشان داد که حضور تریکودرما در گندم توانسته عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، عملکرد دانه، شاخص تحمل، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین بر تجمع کادمیوم در ساقه و دانه نیز تأثیر معنی داری داشت. اما در گیاه جو عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، شاخص تحمل، تعداد سنبله در بوته و میزان تجمع کادمیوم در ریشه و ساقه تحت تأثیر کاربرد تریکودرما قرار گرفتند. اثر ساده نیترات کادمیوم نیز در گندم بر صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، شاخص تحمل، شاخص برداشت، ضریب تسهیم و در گیاه جو جز بر وزن دانه در هر سنبله بر تمامی صفات معنی دار بود. همچنین تجمع کادمیوم در خاک و قسمت‌های مختلف اندام‌های گیاهی در گندم و جو تحت تأثیر نیترات کادمیوم قرار گرفتند. اثر متقابل تریکودرما و نیترات کادمیوم در گندم بر عملکرد دانه، شاخص تحمل، تعداد سنبله در بوته و وزن دانه در هر سنبله و تجمع کادمیوم در برگ و دانه و در گیاه جو بر صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در بوته و تعداد دانه در سنبله و تجمع کادمیوم در ریشه اختلاف معنی داری را نشان داد. براساس مقایسه میانگین، حضور تریکودرما در گندم عملکرد بیولوژیک را نسبت به عدم حضور آن حدود ۴۶ درصد افزایش داد. در حالی که در گیاه جو بالاترین عملکرد بیولوژیک مربوط به حضور تریکودرما و سطح ۱۰۰ میلی گرم در لیتر نیترات کادمیوم بود. همچنین عملکرد دانه گندم در حضور تریکودرما بدون آلودگی به نیترات کادمیوم نسبت به عدم حضور تریکودرما از افزایش ۶۵ درصدی برخوردار بود. درحالی که این افزایش برای جو حدود ۲۲ درصد بود. در سطوح مختلف آلودگی نیترات کادمیوم، تیمار عدم آلودگی دارای بیشترین عملکرد دانه بود که با افزایش غلظت نیترات کادمیوم ۱۹ درصد کاهش نسبت به شاهد مشاهده شد. تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر نیترات کادمیوم از کمترین میزان شاخص برداشت در گیاه گندم (به ترتیب ۳۷ و ۲۷ درصد کاهش نسبت به شاهد) برخوردار بودند. در گیاه جو نیز بالاترین شاخص برداشت در حضور تریکودرما و بدون آلودگی به نیترات کادمیوم مشاهده شد. بالاترین شاخص تحمل در گندم و جو در حضور تریکودرما (۱۰ و ۱۴ درصد نسبت به شاهد) بدست آمد. همچنین با افزایش غلظت نیترات کادمیوم، شاخص تحمل به ترتیب در گندم و جو ۲۱ و ۱۹ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. بالاترین میزان ضریب تسهیم در هر دو گیاه در تیمار شاهد مشاهده شد که با افزایش سطوح آلودگی به نیترات کادمیوم، میزان ضریب تسهیم نسبت به شاهد به ترتیب ۳۸ و ۵۷ درصد کاهش یافت. در گندم در سطح صفر و ۵۰ میلی گرم در لیتر نیترات کادمیوم، کاربرد تریکودرما موجب افزایش معنی دار (به ترتیب ۶۰ و ۱۰۰ درصد) تعداد سنبله در بوته شد اما در سطوح بالاتر (۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) کاربرد تریکودرما نتوانست به طور معنی داری تعداد سنبله در بوته را افزایش دهد. در گیاه جو بیشترین تعداد سنبله در بوته در تیمار قارچ تریکودرما و سطح ۵۰ میلی گرم در لیتر نیترات کادمیوم مشاهده شد. در گندم با افزایش غلظت نیترات کادمیوم تعداد دانه در هر سنبله نسبت به شاهد ۲۴ درصد کاهش یافت. در گیاه جو بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمار حضور تریکودرما و سطح ۱۰۰ میلی گرم در لیتر نیترات کادمیوم بود. با توجه به افزایش تعداد دانه در سنبله و افزایش عملکرد بوته در گندم، وزن هزار دانه در حضور تریکودرما نسبت به عدم حضور آن از ۱۰ درصد کاهش برخوردار بود. در سطوح مختلف نیترات کادمیوم بیشترین وزن هزار دانه جو در تیمار شاهد مشاهده شد و با افزایش سطح ۱۵۰ آلودگی، وزن هزار دانه نسبت به شاهد حدود ۱۸ درصد کاهش یافت. کمترین میزان تجمع کادمیوم در خاک در هر دو گیاه مربوط به تیمار شاهد بود که با افزایش سطح آلودگی، تجمع کادمیوم در خاک به طور چشمگیری افزایش یافت و یک سیر صعودی را به دنبال داشت. بیشترین میزان تجمع کادمیوم در دانه گندم مربوط به تیمار قارچ تریکودرما و سطح ۱۵۰ میلی گرم در لیتر نیترات کادمیوم بود. همچنین کمترین میزان تجمع کادمیوم در دانه جو در تیمار شاهد مشاهده شد که با افزایش میزان آلودگی در خاک میزان تجمع کادمیوم را در دانه به طور قابل توجهی افزایش یافت.

کلمات کلیدی: جو، کادمیوم، قارچ تریکودرما، گندم، عملکرد

۱.....	فصل اول.....	۱
۲.....	۱-۱ مقدمه.....	۲
۵.....	۲-۱ اهداف پژوهش.....	۵
۷.....	فصل دوم: کلیات.....	۷
۸.....	۱-۲ آشنایی با گندم.....	۸
۸.....	۱-۱-۲ تاریخچه.....	۸
۸.....	۲-۱-۲ اهمیت اقتصادی.....	۸
۸.....	۳-۱-۲ ارزش و اهمیت غذایی گندم.....	۸
۹.....	۴-۱-۲ خصوصیات گیاهشناسی گندم.....	۹
۹.....	۱-۴-۱-۲ ریشه.....	۹
۹.....	۲-۴-۱-۲ ساقه.....	۹
۹.....	۳-۴-۱-۲ پنجه.....	۹
۹.....	۴-۴-۱-۲ برگ.....	۹
۱۰.....	۵-۴-۱-۲ گل آذین (سنبله).....	۱۰
۱۰.....	۶-۴-۱-۲ دانه.....	۱۰
۱۱.....	۵-۱-۲ اثر عوامل محیطی بر رشد و نمو گندم (اکولوژی گندم).....	۱۱
۱۱.....	۱-۵-۱-۲ حرارت.....	۱۱
۱۱.....	۲-۵-۱-۲ نور.....	۱۱
۱۱.....	۳-۵-۱-۲ رطوبت و خشکی.....	۱۱
۱۲.....	۲-۲ آشنایی با جو.....	۱۲
۱۲.....	۱-۲-۲ اهمیت.....	۱۲
۱۲.....	۲-۲-۲ خصوصیات گیاهشناسی جو.....	۱۲
۱۲.....	۱-۲-۲-۲ ریشه.....	۱۲
۱۳.....	۲-۲-۲-۲ ساقه.....	۱۳
۱۳.....	۳-۲-۲-۲ برگ.....	۱۳
۱۳.....	۴-۲-۲-۲ گل آذین.....	۱۳
۱۴.....	۵-۲-۲-۲ دانه.....	۱۴
۱۴.....	۳-۲-۲ اکولوژی جو.....	۱۴
۱۴.....	۱-۳-۲-۲ حرارت.....	۱۴
۱۵.....	۲-۳-۲-۲ رطوبت.....	۱۵
۱۵.....	۳-۲ زراعت و تنش‌های محیطی.....	۱۵
۱۵.....	۴-۲ آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین.....	۱۵
۱۷.....	۵-۲ منابع انتشار فلزات سنگین.....	۱۷

۱۷	۶-۲ غلظت فلزات سنگین در محیط زیست .....
۱۸	۷-۲ عوامل مؤثر بر جذب و تحرک فلزات سنگین .....
۱۸	۸-۲ اثرات فلزات سنگین در محیط زیست .....
۱۸	۹-۲ اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین .....
۲۱	فصل سوم: بررسی منابع .....
۲۲	۱-۳ اهمیت کادمیوم .....
۲۳	۲-۳ آلودگی خاک‌های کشاورزی به کادمیوم .....
۲۳	۳-۳ غلظت مجاز و حد بحرانی کادمیوم در محیط زیست .....
۲۴	۴-۳ عوامل مؤثر در جذب و انتقال کادمیوم در خاک .....
۲۵	۵-۳ جذب و انتقال کادمیوم در گیاه .....
۲۶	۶-۳ اثر کادمیوم بر انسان .....
۲۷	۷-۳ اثر کادمیوم بر جوامع میکروبی خاک .....
۲۸	۸-۳ اثر کادمیوم بر گیاه .....
۲۸	۱-۸-۳ علائم عمومی سمیت کادمیوم .....
۲۹	۲-۸-۳ اثر کادمیوم بر جذب عناصر .....
۲۹	۳-۸-۳ اثر کادمیوم بر کلروفیل و فتوسنتز .....
۳۱	۹-۳ جاذب‌های زیستی .....
۳۲	۱۰-۳ تریکودرما .....
۳۴	۱۱-۳ عوامل مؤثر بر فعالیت قارچ‌های تریکودرما .....
۳۵	۱-۱۱-۳ دما .....
۳۵	۲-۱۱-۳ رطوبت و pH .....
۳۵	۳-۱۱-۳ یون‌های فلزی .....
۳۶	فصل چهارم: مواد و روش‌ها .....
۳۷	۱-۴ مشخصات جغرافیایی و اقلیمی محل اجرای آزمایش .....
۳۷	۲-۴ نمونه‌برداری و تجزیه شیمیایی خاک .....
۳۸	۱-۲-۴ اسیدیته و هدایت الکتریکی .....
۳۹	۲-۲-۴ ظرفیت تبادل کاتیونی .....
۳۹	۳-۲-۴ مواد آلی خاک .....
۳۹	۴-۲-۴ نیتروژن خاک .....
۳۹	۵-۲-۴ فسفر خاک .....
۴۰	۶-۲-۴ پتاسیم تبادلی خاک .....
۴۰	۳-۴ تعیین بافت خاک .....
۴۰	۴-۴ طرح آماری .....
۴۱	۵-۴ خصوصیات رقم آزمایش .....
۴۱	۶-۴ اجرای طرح .....
۴۱	۷-۴ تهیه جدایه قارچ تریکودرما و تلقیح با خاک .....
۴۲	۸-۴ کاشت .....
۴۲	۹-۴ عملیات داشت .....

۴۲	..... ۱-۹-۴ آبیاری
۴۲	..... ۲-۹-۴ تنک کردن
۴۲	..... ۳-۹-۴ مبارزه با علف‌های هرز
۴۳	..... ۱۰-۴ نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات مورد بررسی
۴۳	..... ۱-۱۰-۴ نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد
۴۴	..... ۲-۱۰-۴ اندازه‌گیری میزان کادمیوم موجود در گیاه
۴۴	..... ۳-۱۰-۴ اندازه‌گیری میزان کادمیوم موجود در خاک
۴۵	..... ۱۱-۴ تجزیه و تحلیل داده‌ها
۴۶	..... فصل پنجم: نتایج و بحث
۴۹	..... ۱-۵ بررسی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو
۴۹	..... ۱-۱-۵ عملکرد بیولوژیک
۵۱	..... ۲-۱-۵ عملکرد دانه
۵۳	..... ۳-۱-۵ عملکرد کاه
۵۵	..... ۴-۱-۵ شاخص برداشت
۵۷	..... ۵-۱-۵ شاخص تحمل
۵۹	..... ۶-۱-۵ ضریب تسهیم
۶۰	..... ۷-۱-۵ اجزای عملکرد گندم و جو
۶۰	..... ۱-۷-۱-۵ تعداد سنبله در بوته
۶۲	..... ۲-۷-۱-۵ تعداد دانه در هر سنبله
۶۴	..... ۳-۷-۱-۵ وزن دانه در هر سنبله
۶۵	..... ۴-۷-۱-۵ وزن هزار دانه
۶۷	..... ۸-۱-۵ همبستگی صفات عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو
۶۸	..... ۲-۵ تجمع کادمیوم در خاک و اندام‌های مختلف گیاهی در گندم و جو
۶۸	..... ۱-۲-۵ تجمع کادمیوم در خاک
۷۰	..... ۲-۲-۵ تجمع کادمیوم در اندام‌های مختلف گیاهی
۷۰	..... ۱-۲-۲-۵ تجمع کادمیوم در ریشه
۷۱	..... ۲-۲-۲-۵ تجمع کادمیوم در ساقه
۷۲	..... ۳-۲-۲-۵ تجمع کادمیوم در برگ
۷۴	..... ۴-۲-۲-۵ تجمع کادمیوم در دانه
۷۵	..... ۳-۵ نتیجه‌گیری
۷۶	..... ۴-۵ پیشنهادات
۷۷	..... منابع



شکل ۳-۱	مکانیزم عمل کادمیوم در سلول	۳۱
جدول ۴-۱	نتایج تجزیه نمونه خاک اولیه قبل از اجرای آزمایش	۳۸
شکل ۴-۱	نمایی از گلدان‌ها در مرحله داشت	۴۳
جدول ۵-۱	آزمون نرمال بودن عملکرد و اجزای عملکرد در گندم و جو	۴۷
جدول ۵-۲	آزمون نرمال بودن میزان تجمع کادمیوم در خاک و قسمت‌های مختلف اندام‌های گیاهی	۴۸
جدول ۵-۳	تجزیه واریانس واریانس اثرات قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر عملکرد گندم و جو	۵۰
شکل ۵-۱	اثر ساده قارچ تریکودرما بر عملکرد بیولوژیک گندم	۵۱
شکل ۵-۲	اثر متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر عملکرد بیولوژیک جو	۵۱
شکل ۵-۳	اثر متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر عملکرد دانه گندم	۵۳
شکل ۵-۴	اثر ساده قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر عملکرد دانه جو	۵۳
شکل ۵-۵	اثر ساده قارچ تریکودرما بر عملکرد کاه گندم	۵۵
شکل ۵-۶	اثر متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر عملکرد کاه جو	۵۵
شکل ۵-۷	اثر ساده و متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر شاخص برداشت گندم و جو	۵۷
شکل ۵-۸	اثر ساده قارچ تریکودرما بر شاخص تحمل گندم و جو	۵۸
شکل ۵-۹	اثر ساده سطوح نیترات کادمیوم بر شاخص تحمل گندم و جو	۵۹
شکل ۵-۱۰	اثر ساده نیترات کادمیوم بر ضریب تسهیم در گندم و جو	۶۰
جدول ۵-۴	تجزیه واریانس اثرات قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر اجزای عملکرد گندم و جو	۶۱
شکل ۵-۱۱	اثر متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر تعداد سنبله گندم و جو	۶۲
شکل ۵-۱۲	اثر ساده قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر تعداد دانه در هر سنبله در گندم	۶۳
شکل ۵-۱۳	اثر متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر تعداد دانه در هر سنبله در گیاه جو	۶۴
شکل ۵-۱۴	اثر متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر وزن دانه در هر سنبله در گندم	۶۵
شکل ۵-۱۵	اثر ساده قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر وزن هزار دانه گندم و جو	۶۶
جدول ۵-۵	ضریب همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد گندم	۶۷
جدول ۵-۶	ضریب همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد جو	۶۸
جدول ۵-۷	تجزیه واریانس اثرات قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر تجمع کادمیوم در خاک و گیاه	۶۹
شکل ۵-۱۶	اثر ساده نیترات کادمیوم بر تجمع کادمیوم در خاک	۶۹
شکل ۵-۱۷	اثر ساده و متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر تجمع کادمیوم در ریشه گندم و جو	۷۱
جدول ۵-۸	اثر ساده قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر تجمع کادمیوم در ساقه گندم و جو	۷۲
شکل ۵-۱۸	اثر ساده و متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر تجمع کادمیوم در برگ گندم و جو	۷۴
شکل ۵-۱۹	اثر ساده و متقابل قارچ تریکودرما و نیترات کادمیوم بر تجمع کادمیوم در دانه گندم و جو	۷۵

# فصل اول

بشر تمام مواد غذایی مورد نیاز خود را به شکل مستقیم و چه به شکل غیرمستقیم از گیاهان بدست می‌آورد. جنس‌های مختلف غلات که از خانواده گرامینه می‌باشند در تأمین نیاز غذایی بشر از دیرباز نقش مهمی داشته است و تقریباً نصف کالری و قسمت زیادی از احتیاجات غذایی انسان را تأمین می‌نمایند، بنابراین نقش ویژه و مهمی را در الگوی مصرف هر کشور دارند (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۷؛ ایران‌پور و همکاران، ۱۳۸۴). گندم (*Triticum aestivum* L.) با داشتن رتبه اول یکی از منابع اصلی تأمین انرژی به حساب می‌آید و در ایران به لحاظ راهبردی مهمترین محصول زراعی کشور محسوب می‌گردد (اعتصامی و همکاران، ۱۳۸۶). در بین گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین گیاهان به‌شمار می‌رود، سابقه‌ی کشت آن ۱۰ تا ۱۵ هزار سال پیش از میلاد گزارش شد، به‌طوریکه از اولین گیاهانی بود که بوسیله‌ی انسان زراعت شد. اهمیت اقتصادی این گیاه چه از نظر تولید و چه از نظر تغذیه بیش از سایر محصولات کشاورزی می‌باشد. زراعت گندم در مناطق مختلف و شرایط آب و هوایی متفاوت صورت می‌گیرد و این امر حاکی از توانایی سازش بسیار زیاد این گیاه با اقلیم‌های گوناگون است (امام، ۱۳۸۳).

جو (*Hordeum vulgare* L.) گیاهی است از خانواده گرامینه که از دیرباز نقش مهمی در زنجیره غذایی انسان دارد. با توجه به‌اینکه جو گیاهی نسبتاً مقاوم به شرایط نامساعد خاک به حساب می‌باشد، کشت آن از لحاظ اقتصادی نسبت به سایر محصولات زراعی حائز اهمیت ویژه است (خیامیم و همکاران، ۱۳۸۸). البته دانه جو علاوه بر تغذیه انسانی در صنعت دارو سازی و تغذیه دام کاربرد فراوان دارد (راشد محصل و همکاران، ۱۳۸۰؛ خدابنده، ۱۳۸۴).

امروزه دغدغه محققان بخش کشاورزی کشورهای در حال توسعه افزایش عملکرد محصولات زراعی در واحد سطح و رساندن نرخ تولید به متوسط سطح استاندارد جهانی است. بنابراین استفاده بهینه از منابع آب و خاک کشور و رفع موانع تولید در کشاورزی می‌تواند این بخش مهم را به شکوفایی و توسعه پایدار برساند (علیزاده، ۱۳۸۲).

تنش‌های محیطی از عوامل مهم محدودکننده عملکرد به‌شمار می‌روند و همواره محصولات بخش کشاورزی را با کاهش قابل توجه همراه می‌سازند. خاک توسط آلاینده‌های بسیاری که غلظت‌ها و ترکیبات مختلفی دارند مورد آلودگی قرار می‌گیرند (مختار<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). امروزه آلودگی خاک با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست‌محیطی عمده در جوامع بشری است که علاوه بر اثرات زیان‌آور بر فون و فلور خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آبشویی موجب کاهش رشد گیاه، عملکرد و کیفیت محصول و در نهایت به خطر افتادن سلامت افراد جامعه و دیگر موجودات زنده می‌شود (خسروی و همکاران، ۱۳۸۸؛ صابری و همکاران، ۱۳۸۹؛ نیکولیک<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). از جمله عناصر سنگینی که در نتیجه فعالیت‌های عمده شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شوند و باعث آلودگی مناطق وسیعی از جهان شده‌اند می‌توان به کادمیوم، کروم، مس، سرب، آرسنیک، نیکل و روی اشاره نمود (شریعت و عصاره، ۱۳۸۵). در این میان کادمیوم یکی از سمی‌ترین عناصر برای اندام‌های زنده است که نقش زیستی ندارد. این فلز عمدتاً از طریق فرآیندهای صنعتی و کودهای فسفاته وارد محیط زیست می‌شود. سمیت این عنصر برای گیاه ۲ تا ۲۰ برابر سایر فلزات سنگین گزارش گردید (صابری و همکاران، ۱۳۸۹) و سبب ایجاد مشکلات بسیاری در بهداشت و سلامت انسان شده و می‌تواند تأثیر مخربی روی محیط زیست و موجودات گیاهی و جانوری داشته باشد (پارسادوست و همکاران، ۱۳۸۶؛ ظفر<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). از سوی دیگر خاک منبع اصلی تغذیه معدنی گیاهان بوده و گیاهان از اولین ارگانسیم‌هایی هستند که به شرایط متغیر خاک واکنش نشان می‌دهند از این رو گیاهان به‌عنوان نشانگرهای زیستی، تغییرات نامطلوب خاک را به‌خوبی نمایان می‌سازند (علیپور و همکاران، ۱۳۸۷). از طرفی گیاهان به‌عنوان مهم‌ترین عوامل انتقال عناصر سنگین از خاک به انسان، تهدیدی جدی برای سلامت انسان محسوب می‌شوند. خاک‌ها سریع‌ترین، مناسب‌ترین و مهم‌ترین جاذب عناصر سنگین در محیط زیست به‌شمار می‌روند. البته از ظرفیت بالایی برای دریافت، تصفیه و تجزیه

---

<sup>1</sup> Mukhtar, 2008

<sup>2</sup> Nikolic, 2008

<sup>3</sup> Zafar, 2007

مجدد مواد زاید و آلاینده‌های مختلف برخوردار است (آقابراتی و همکاران، ۱۳۸۸). لذا پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین مانند کادمیوم امری ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد (صابری و همکاران، ۱۳۸۹).

در سال‌های اخیر چندین فناوری با هدف کاهش یا برداشت فلزات سنگین موجود در محیط آلوده، توسعه یافته است. در این میان فناوری‌هایی که بر اساس استفاده از میکروارگانیسم‌ها، پایه‌ریزی شده است مورد توجه قرار گرفته‌اند. از جمله این روش‌ها زیست‌پالایی می‌باشد که اخیراً برای جذب عناصر سنگین مورد استفاده قرار گرفته است (هودجی و جلالیان ۱۳۸۳؛ پارسادوست و همکاران، ۱۳۸۶؛ رضوانی و همکاران ۱۳۸۶؛ ظفر و همکاران، ۲۰۰۷؛ سرکار<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). امروزه مطالعات وسیعی در راستای استفاده از جاذب‌های زیستی شامل قارچ‌ها، باکتری‌ها، مخمرها و جلبک‌ها برای حذف آلاینده‌هایی نظیر فلزات سنگین در حال انجام است (ظفر و همکاران، ۲۰۰۷؛ سرکار و همکاران، ۲۰۱۰؛ شمس خرم‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۹؛ ونکار و باجپایی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸). اهمیت جذب زیستی از دهه ۱۹۸۰ آغاز و از آن پس به‌عنوان یک پتانسیل جایگزین و فناوری حذف و بازیافت فلزات سنگین به کار برده شد. در طول این مکانیزم میکروارگانیسم‌ها از طریق ایجاد پیوند فلزات با دیواره سلولی‌شان آنها را غیرمتحرک می‌کنند (اکhtar<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). در این راستا انتخاب زیست‌توده از جهت فراوانی در محیط و کم‌هزینه بودن از اهمیت بالایی برخوردار است (کشتکار و همکاران، ۱۳۸۸).

تریکودرما (*Trichoderma spp.*) قارچی است که تقریباً در همه خاک‌ها و زیستگاه‌های گوناگون حضور دارد و متداول‌ترین قارچ‌های قابل کشت هستند. بنابراین به آسانی تکثیر شده و می‌توانند به عنوان جذب‌کننده زیستی برخی فلزات استفاده شوند، به‌طوری‌که یکی از وظایف میکروارگانیسم‌ها جذب سطحی یون‌های فلزی است (ونکار و باجپایی، ۲۰۰۸). همانطور که گونه‌های قارچ تریکودرما به‌طور رایج در انواع خاک‌ها یافت می‌شوند، بعضی از گونه‌های آن توانایی پاک‌سازی محیط آلوده را دارند و می‌توانند به‌عنوان

---

<sup>1</sup> Sarkar, 2010

<sup>2</sup> Vankar and Bajpai, 2008

<sup>3</sup> Akhtar, 2007

یکی از منابع میکروارگانیسمی برای تجزیه زیستی آلاینده‌های موجود در محیط به کار روند (ونگ و ژو<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). این میکروارگانیس‌های منطقه ریشه (ریزوسفر) در تمامی خاک‌ها وجود دارند، ولی به دلایل مختلف، کارایی آن‌ها در حد بهینه نمی‌باشد. به همین دلیل در بسیاری از موارد تلقیح مصنوعی آنها ضرورت دارد (راگار و لادها<sup>۲</sup>، ۱۹۹۲). گزارش شده که تلقیح گیاه با تریکودرما می‌تواند شرایط را برای پالایش خاک‌هایی با آلودگی‌های متعدد فراهم آورد (آناند<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۶؛ کوآ<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۸).

از طرفی افزایش روزافزون نیاز غذایی مردم در اثر رشد سریع جمعیت، ایجاب می‌کند که میزان تولید محصولات کشاورزی افزایش یابد (سادات و همکاران، ۱۳۸۹). بر همین اساس استفاده از میکروارگانیس‌های خاکزی به منظور افزایش محصول، بالابردن کیفیت تولیدات کشاورزی و کنترل بیماری‌های گیاهی در اوایل قرن بیستم مطرح گردید و روزبه‌روز افق‌های جدید و نویدبخشی بر روی بشر گشوده شد (اعتصامی و همکاران، ۱۳۸۶).

بر این اساس فرضیات تحقیق به صورت زیر بیان شد:

الف- حضور قارچ تریکودرما باعث افزایش گیاه‌پالایی گندم و جو خواهد شد.

ب- استفاده از قارچ تریکودرما نسبت به عدم استفاده آن باعث افزایش بیوماس ریشه و اندام هوایی گندم و جو می‌شود.

ج- توان قارچ تریکودرما برای زیست‌پالایی عنصر کادمیوم در غلظت‌های کم این عنصر بیشتر است.

۱-۲- در همین راستا پژوهش حاضر طراحی و اهداف زیر در نظر گرفته شد:

۱- بررسی اثرات کاربرد قارچ تریکودرما بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم ۸۱N) و جو (رقم صحرا) در خاک آلوده به کادمیوم.

---

<sup>1</sup> Wang and Zhou, 2005

<sup>2</sup> Ragar and Ladha, 1992

<sup>3</sup> Anand, 2006

<sup>4</sup> Coa, 2008

۲- بررسی تأثیر قارچ تریکودرما در جذب عنصر کادمیوم و رفع آلودگی خاک از این عنصر.

۳- بکارگیری قارچ تریکودرما جهت جذب و انتقال عنصر کادمیوم به گندم و جو.

۴- بررسی توان زیست‌پالایی قارچ تریکودرما در غلظت‌های مختلف کادمیوم.

# فصل دوم

## کلیات



## ۱-۲- آشنایی با گندم

### ۱-۱-۲- تاریخچه

گندم یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی جهان و ایران به‌شمار می‌رود. زراعت این گیاه قدمتی دیرینه دارد (مجنون حسینی، ۱۳۸۵). زیستگاه اولیه گندم سوریه و فلسطین گزارش شده است که از این دو منطقه به مصر، بین‌النهرین و سپس به ایران وارد و از طریق ایران به هندوستان، چین، روسیه و سرانجام به اروپا و از اروپا به سایر نقاط جهان انتقال یافت (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۷). این گیاه زراعی به‌طور عمده در عرض‌های ۳۰-۶۰ درجه در مناطق معتدله شمالی و ۲۵-۴۰ درجه در مناطق معتدله جنوبی کشت می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۵).

### ۱-۲- اهمیت اقتصادی

گندم گیاهی است که به مقدار زیاد و در سطح وسیعی از زمین‌های کشاورزی دنیا به‌ویژه نواحی خشک با تولید اقتصادی مطلوب تولید می‌شود. اهمیت اقتصادی گندم چه از نظر تولید و چه از نظر تغذیه در دنیا بیش از سایر محصولات کشاورزی می‌باشد، به‌طوری‌که در شرایط نامساعد محیطی و اقلیم خشک نسبت به سایر گیاهان ارجحیت دارد. گندم از نظر تولید و سطح زیرکشت مهم‌ترین محصول کشاورزی ایران است و افزایش محصول آن روزبه‌روز مورد توجه قرار گرفته و از نظر اقتصادی و تأمین غذای اصلی از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد (ایران‌پور و همکاران، ۱۳۸۴).

### ۱-۲-۳- ارزش و اهمیت غذایی گندم

اهمیت گندم بیشتر مربوط به خواص فیزیکی و شیمیایی موادی است که دانه آن را تشکیل می‌دهند. بنابراین به علت وجود خاصیت فیزیکی و شیمیایی گلوتن موجود در دانه گندم می‌باشد که پس از تبدیل دانه به آرد و اختلاط آن با آب و سایر مواد موجب تخمیر می‌شود. از نظر پخت نان آرد گندم بر سایر غلات برتری دارد (امام، ۱۳۸۳).

## ۲-۱-۴- خصوصیات گیاهشناسی گندم

۲-۱-۴-۱- ریشه: ریشه‌های گندم سطحی و افشان بوده و ریشه‌های اصلی و فرعی از محل طوقه خارج شده و همگی هم‌قطر می‌باشند. عمق فعالیت ریشه‌های گندم معمولاً در خاک حدود ۳۰ سانتیمتر می‌باشد. درجه حرارت، بافت خاک، میزان رطوبت، مواد غذایی روی رشد عمقی و جانبی ریشه موثر است (ایران‌پور و همکاران، ۱۳۸۴). ریشه گندم در شرایط مناسب از نظر بافت خاک و محیط زندگی، مانند خاک‌های خیلی عمیق لیمونی تا عمق ۱/۵ متری خاک نفوذ کند (خدابنده، ۱۳۸۴).

۲-۱-۴-۲- ساقه: ساقه گندم مانند تمام گیاهان تیره غلات بندبند و توخالی و استوانه‌ای است به طوری که شکل استوانه‌ای و وجود دسته‌های فیبر در آن موجب استحکام ساقه شده و این ویژگی تا اندازه‌ای موجب مقاومت ساقه در مقابل ورس (خوابیدگی) می‌شود. محل گره‌ها در ساقه توپر و مغزدار و ساختمان گره‌ها به استحکام ساقه کمک کرده و از ورس گیاه جلوگیری می‌کند. ضخامت ساقه از پایین به بالا کاهش یافته در حالی که فاصله میان‌گره‌ها از پایین به طرف نوک بوته افزایش می‌یابد (ایران‌پور و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۱-۴-۳- پنجه: پنجه‌دهی یا پنجه‌زدن اصطلاحی مربوط به خانواده گرامینه برای ساقه‌های جانبی می‌باشد، علاوه بر ساقه اصلی، اغلب ارقام گندم دارای ساقه‌های ثانویه هستند که اصطلاحاً پنجه نامیده می‌شود (خدابنده، ۱۳۸۴). قدرت پنجه‌زنی در گندم به عوامل متعددی مانند ژنوتیپ، طول دوره رشد، ضخامت ساقه، نور، تراکم و تاریخ کاشت بستگی دارد (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۱-۴-۴- برگ: در روی هر ساقه گندم معمولاً تعداد ۷ تا ۸ برگ که از محل گره‌های ساقه خارج شده و به طور متناوب و یک‌درمیان در طول ساقه قرار گرفته‌اند، وجود دارد. هر برگ از دو قسمت نیام و تیغه باریک و بلند که به منزله پهنک برگ می‌باشد تشکیل شده است (راشد محصل و همکاران، ۱۳۸۰). نیام که به منزله‌ی دم‌برگ است ساقه را به صورت غلافی در بین دو گره دربر گرفته و به استحکام ساقه کمک می‌نماید (ایران‌پور و همکاران، ۱۳۸۴). در حدفاصل برگ و دم‌برگ زوائدی زبانه‌مانند به نام زبانک (لیگول) و گوشوارک (استیپول) وجود دارد. زبانک از محل اتصال برگ به دم‌برگ خارج شده و شفاف و بیرنگ است.

گوشوارک از دو زبانه تشکیل شده و قسمتی از ساقه را احاطه می‌کند و دارای کرک‌های ریزی می‌باشد (خدابنده، ۱۳۸۴).

۱-۲-۴-۵- گل‌آذین (سنبله): در انتهای هر ساقه گندم یک سنبله وجود دارد که دارای یک محور اصلی است و در روی محور اصلی، سنبلک‌ها یا سنبلچه بوجود می‌آیند و هر یک دارای ۳ تا ۵ گل می‌باشند که پس از عمل لقاح معمولاً دو گل در هر سنبلچه بارور و تبدیل به دانه می‌گردد. هر گلچه شامل یک مادگی یا تخمدان یک‌سلولی و سه پرچم است. سنبلچه توسط دو زائده‌ی مقعر به نام پوشه (گلوب) پوشیده شده و در آن ۳ تا ۵ گل وجود دارد و هر گل توسط دو عضو به نام پوشینه (گلوب) از اطراف احاطه گردیده است. سنبله گندم در نژادهای مختلف به حالت فشرده، نیمه‌فشرده، سست و یا نیمه‌سست می‌باشد، رنگ سنبله نیز در ارقام مختلف از سفید تا قرمز تغییر می‌نماید (خدابنده، ۱۳۸۴). گندم گیاهی است خودگشن و برخی از نژادهای گندم در انتهای پوشینه (گلوب) دارای تیغه‌ای باریک و گاهی بلند به نام ریشک بوده در حالی که برخی دیگر فاقد آن می‌باشند. ریشک نقش فیزیولوژیکی مهمی را در شرایط مناسب و یا نامساعد محیط برای گندم و سایر غلات دارا می‌باشد. ریشک‌ها دارای کلروپلاست و روزنه بوده و عمل فتوسنتز را بخوبی انجام می‌دهند (راشدمحصل و همکاران، ۱۳۸۰).

۱-۲-۴-۶- دانه: دانه گندم مانند سایر غلات، گندمه (کاریوپس) و به‌شکل بیضی کشیده می‌باشد (میوه خشک) و پوست دانه، آن را از اطراف احاطه نموده است. در یک طرف دانه شکافی طولی و نسبتاً عمیق وجود دارد و طرف دیگر دانه برجسته است. دانه گندم لخت و بدون پوشش است و در انتهای دانه قسمتی وجود دارد که ریشه و ساقه اولیه (جوانه اولیه) آنجا خارج می‌شوند و در انتهای بعضی دانه‌ها کرک‌های ریزی دیده می‌شود. طول دانه گندم در ارقام مختلف بین ۵ تا ۸/۵ میلی‌متر و وزن هزاردانه آن‌ها بین ۱۵ تا ۵۵ گرم متغییر است (امام، ۱۳۸۳).

## ۲-۱-۵- اثر عوامل محیطی بر رشد و نمو گندم (اکولوژی گندم)

۲-۱-۵-۱- حرارت: گندم در مراحل مختلف رشد از نیاز حرارتی متفاوت برخوردار است و به طور کلی در برابر سرما و گرما مقاومت مناسبی از خود نشان می‌دهد. هرگاه بذر این گیاه در شرایط مناسب رطوبت و اکسیژن قرار گیرد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شروع به جوانه زدن می‌نماید، ولی در ابتدای رشد بویژه در ارقام پاییزه هرگاه درجه حرارت محیط به حدود ۴- تا ۵- درجه کاهش یابد، رشد گندم متوقف می‌شود و هیچ گونه فعالیت رشدی نخواهد داشت. مقاومت گندم در برابر سرما نسبتاً زیاد است و نژادهای پاییزه مناطق سرد می‌توانند تا حدود ۳۵- درجه سرما را تحمل نمایند ولی حد متوسط تحمل گندم در برابر سرما حدود ۱۰- تا ۱۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این گیاه در صورتی می‌تواند تغییرات درجه حرارت هر فصل را به خوبی تحمل نماید که دامنه تغییرات حرارت سریع و ناگهانی نباشد، زیرا در این صورت صدمه‌ی شدیدی به اندام‌های هوایی گندم وارد خواهد شد. میزان مقاومت گندم در برابر سرما به عواملی مانند سن گیاه و مراحل مختلف رشد آن بستگی دارد و در مراحل اولیه‌ی رشد حساسیت آن بیشتر می‌باشد (امام، ۱۳۸۳).

۲-۱-۵-۲- نور: نور اثر مستقیم در زندگی و دوره‌ی رشد گندم دارد. بدون نور عمل کرین‌گیری متوقف شده و اندام‌های خشبی به طور کامل بوجود نیامده و در نتیجه ورس ایجاد می‌گردد. در مناطق مرطوب و پوشیده از ابر این گیاه به خوبی نرسیده و دوره رشدش خیلی طولانی خواهد شد. از این رو اگر تراکم بیش از حد بوته‌ها در واحد سطح موجب سایه‌اندازی گیاهان روی همدیگر و عدم دسترسی کانوپی به نور کافی می‌شود و در نهایت به دلیل عدم تشکیل کلروفیل در اندام‌های گیاهی کاهش عملکرد دانه (دانه‌ها چروکیده و ضعیف) حاصل می‌شود (امام، ۱۳۸۳).

۲-۱-۵-۳- رطوبت و خشکی: رطوبت عامل بسیار مهمی است که در زندگی این گیاه مؤثر است. هر چه محیط دارای رطوبت کمتر و خشک‌تر باشد، به دلیل به هم خوردن نسبت جذب آب از خاک و تبخیر، به گیاه و رشد آن صدمه وارد شده و موجب پژمردگی گیاه و چروکیده شدن دانه‌ها می‌گردد و در این حالت است که گیاه احتیاج به آب دارد و آبیاری توصیه می‌شود. مناسب‌ترین نسبت رطوبت موجود در خاک برای