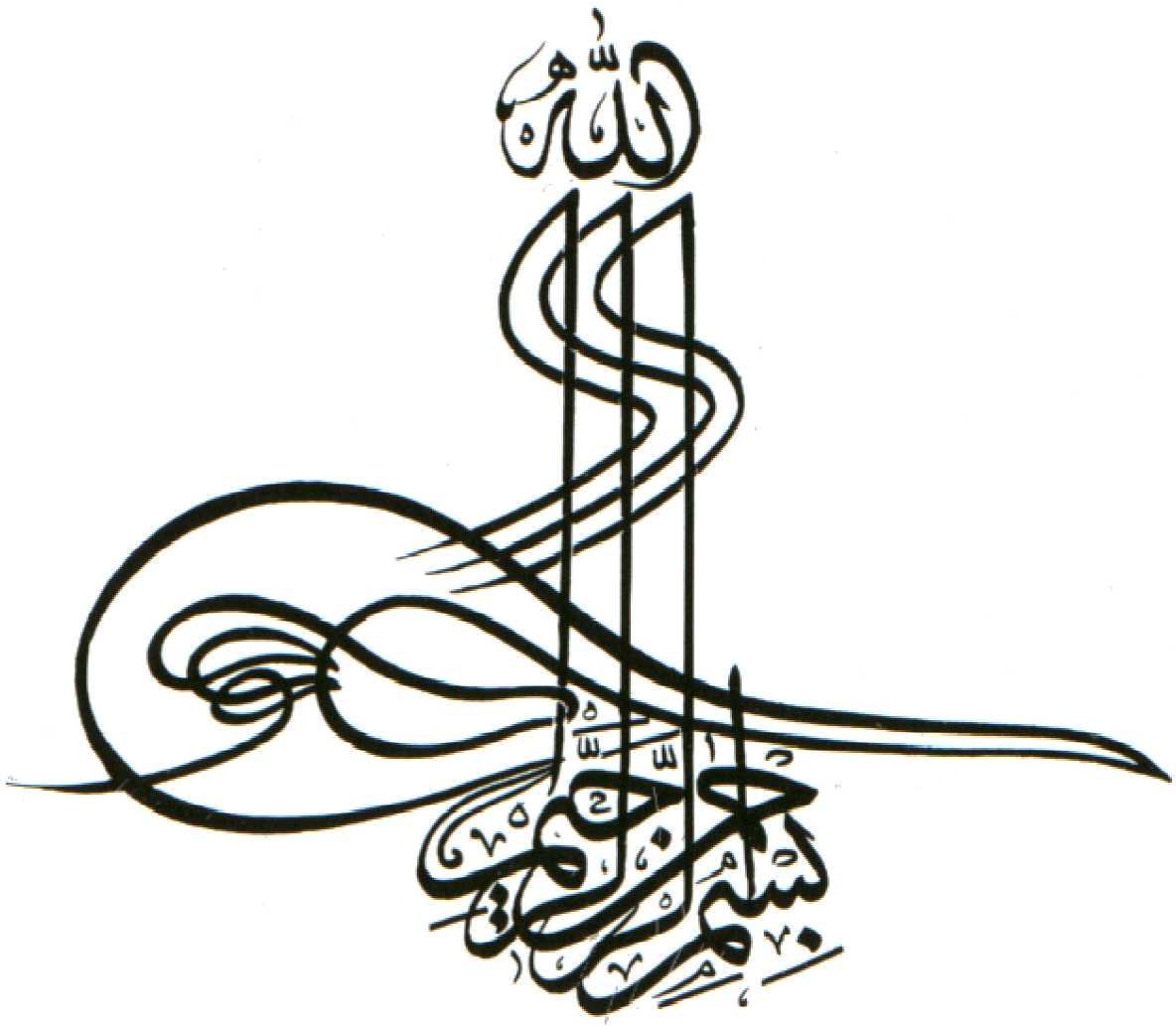
الله
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه علوم خاک

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته علوم خاک

گرایش بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک

عنوان

اثر سطوح شوری کلرید سدیم بر تولید گلیکوپروتئین گلومالین توسط قارچ‌های گلومرال همزیست با گیاه ذرت (رقم سینگل کراس۷۰۴)

استاد راهنما

دکتر ناصر علی‌اصغرزاد

استاد مشاور

دکتر علیرضا توسلی

پژوهشگر

سمانه احمدی قشلاقی

بهمن ماه ۱۳۹۱

تقدیم به او که خواهد آمد

در روز بارانی، با چتری به پهنای آسمان، به رنگ عدالت، به روشنایی خورشید

تقدیم به کسی که آموخت مرا تا بیاموزم

استاد گرامی جناب آقای دکتر ناصر علی اصغرزاد

تقدیم به آنان که وجودم جز هدیه وجودشان نیست

پدر و مادر عزیزم

تقدیم به برادران مهربانم

مهدی، حجت، سجاد

تقدیر و تشکر

این از فضل پروردگار من است، آن را به من ارزانی داشته تا مرا بیازماید که آیا نعمتش را سپاسگزاری یا ناسپاسی می کنم و هر کس سپاسگزاری کند تنها به سود خود سپاسگزاری می کند و هر کس ناسپاسی کند بر خود ستم کرده است که پروردگار من بی نیاز و کریم است. (سوره نمل، آیه ۴۰)

حمد و سپاس بی پایان خداوند بلند مرتبه را که در پناه لطف و رحمت بی دریغش پایان نامه را به پایان رسانیدم.

از استاد راهنمای فرزانه جناب آقای دکتر ناصر علی اصغرزاده به خاطر راهنمایی ها و ارشادات علمی سازنده و همچنین به خاطر صبر و حوصله ایشان در پاسخگویی به مسائل و مشکلات اجرایی در این پایان نامه کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از استاد مشاور گرانقدرم آقای دکتر علیرضا توسلی که از نظرات و پیشنهادات ارزنده ایشان بهره مند شده ام صمیمانه تشکر می کنم. همین طور از آقای دکتر محمدرضا ساریخانی که زحمت داوری این پایان نامه را پذیرفتند و نکات و پیشنهادات ارزنده ای را ارائه فرمودند سپاسگذاری می کنم.

از سایر اساتید گروه آقای دکتر محمدرضا نیشابوری، دکتر علی اصغر جعفرزاده، دکتر شاهین اوستان و دکتر نصرت اله نجفی که شاگردی ایشان بر بنده افتخار بزرگی است و همچنین در این مدت نیز همواره از عنایات ایشان بهره مند بودم، خاضعانه تشکر می کنم.

از خانم لیلا پرمو و تمامی دوستان و همکلاسی هایم که طی این تحقیق مرا یاری کردند کمال تشکر را دارم.

در خاتمه: نهایت سپاس و امتنان قلبی خود را به پیشگاه خانواده عزیزم که ارزشمندترین افتخار و پشتوانه من در این زندگی هستند، بخصوص مادر و پدرم بخاطر محبت ها، فداکاری ها و حمایت های بی دریغشان تقدیم می کنم.

نام خانوادگی دانشجو: احمدی قشلاقی **نام:** سمانه

عنوان پایان‌نامه: اثر سطوح شوری کلرید سدیم بر تولید گلیکوپروتئین گلومالین توسط قارچ‌های گلومرال همزیست با گیاه ذرت (رقم سینگل کراس۷۰۴)

استاد راهنما: دکتر ناصر علی‌اصغرزاد

استاد مشاور: دکتر علیرضا توسلی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: علوم خاک **گرایش**: بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک

دانشگاه: تبریز **دانشکده**: کشاورزی

تاریخ فارغ التحصیلی: ۹۱/۱۱/۱۸ **تعداد صفحه**: ۱۳۶

کلیدواژه‌ها: شوری، قارچ میکوریز آربوسکولار، گلومالین، کلونیزاسیون ریشه

چکیده:

گلومالین یک گلیکوپروتئین تولید شده توسط هیف‌های قارچ میکوریز آربوسکولار است، که علاوه بر خاکدانه‌سازی و بهبود شرایط فیزیکی خاک، یک منبع مهم کربن و نیتروژن در خاک به شمار می‌رود. شوری خاک که از عوامل محدودکننده رشد گیاهان و کاهش توان بیولوژیکی خاک می‌باشد، منجر به کاهش پوشش گیاهی و توسعه‌ی بیابان می‌شود. این تنش محیطی می‌تواند بر توسعه‌ی قارچ میکوریز و تولید گلومالین نیز تاثیرگذار باشد. هدف این مطالعه بررسی تاثیر نمک NaCl بر تولید گلومالین توسط قارچ‌های گلومرال همزیست با گیاه ذرت (رقم سینگل کراس۷۰۴) بود. طرح آزمایشی به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با چهار تکرار انجام شد که فاکتورها شامل شوری کلرید سدیم در سه سطح (S_0: ۱/۳۴، S_1: ۴ و S_2: ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و چهار سطح قارچ میکوریز (بدون قارچ، *Glomus versiforme*، *G. intraradices* و *G. etunicatum*) بودند. در این آزمایش وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه، نسبت وزن تر و خشک ریشه به بخش هوایی (R/S)، غلظت پرولین برگ، درصد کلونیزاسیون ریشه، غلظت گلومالین ساده استخراج (EEG) و کل (TG) خاک، غلظت و مقدار فسفر، پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، کلر، نسبت K/Na و Ca/Na گیاه اندازه‌گیری شد و رابطه‌ی بین تولید گلومالین و درصد کلونیزاسیون و تولید گلومالین در واحد درصد کلونیزاسیون بررسی شد. تاثیر شوری و قارچ بر وزن تر و

خشک بخش هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک R/S، غلظت پرولین برگ، TG، EEG، درصد کلونیزاسیون، مقدار فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه و بخش هوایی معنی‌دار شد. تاثیر شوری بر مقدار کلر بخش هوایی، نسبت وزن تر R/S معنی‌دار و تاثیر قارچ غیرمعنی‌دار بود. نتایج آنالیز آماری افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک R/S، پرولین، EEG، TG، مقدار فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم ریشه و بخش هوایی را در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی نشان داد. غلظت عناصر سدیم و کلر نیز در حضور قارچ میکوریز در بخش هوایی کاهش و در ریشه افزایش یافته بود. در غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر اثر رقت مشاهده شد. به‌صورتی که با کاهش ماده خشک غلظت عناصر افزایش یافته بود. از نظر وزن تر و خشک گیاه، مقدار و غلظت عناصر، بین سه گونه قارچی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. آزمایش نشان داد که غلظت پرولین و درصد کلونیزاسیون در دو قارچ *G. versiforme* و *G. etunicatum* بیش از *G. intraradices* بود. این در صورتی است که بیشترین غلظت EEG و TG مربوط به قارچ *G. intraradices* می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری مقدار تولید گلومالین توسط قارچ‌های میکوریزی افزایش می‌یابد و بین درصد کلونیزاسیون و گلومالین (EEG و TG) رابطه منفی وجود دارد. همچنین مشاهده شد که با کاهش درصد کلونیزاسیون مقدار تولید گلومالین در واحد درصد کلونیزاسیون افزایش می‌یابد. به‌طوری که در سطح شوری S_2 با کاهش معنی‌دار درصد کلونیزاسیون مقدار تولید EEG در واحد درصد کلونیزاسیون برای سه قارچ *G. versiforme*، *G. intraradices* و *G. etunicatum* به‌ترتیب ۸۰/۰۵، ۸۹/۳۷ و ۹۱/۰۳ درصد نسبت به تیمار بدون شوری افزایش یافته بود.

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

۱- فصل اول: بررسی منابع ۴

۱-۱ کربن آلی ۴

۱-۱-۱ مساله‌ی گرم شدن کره‌ی زمین ۴

۱-۱-۲ خاک منبع ذخیره‌ی کربن ۵

۱-۱-۳ ترسیب کربن ۵

۱-۱-۴ مدیریت کربن آلی در خاک ۷

۱-۲ گلومالین ۸

۱-۲-۱ تعریف گلومالین ۸

۱-۲-۲ خصوصیات گلومالین ۹

۱-۲-۳ روش های استخراج گلومالین ۱۰

۱-۲-۴ تاثیر گلومالین بر پایداری خاکدانه‌ها و ترسیب کربن ۱۰

۱-۲-۵ نقش گلومالین در ذخیره‌ی کربن خاک ۱۲

۱-۲-۶ نقش گلومالین در تحمل تنش ۱۲

۱-۲-۷ نقش گلومالین در کاهش گاز گلخانه‌ای ۱۳

۱-۲-۸ تاثیر عوامل محیطی بر تولید گلومالین ۱۴

۱-۳ قارچهای میکوریز ۱۶

۱-۳-۱ تاریخچه ۱۶

۱-۳-۲ مشخصات میکوریز آربوسکولار ۱۷

۱-۳-۳ عوامل موثر بر همزیستی میکوریز آربوسکولار ۱۸

۱-۳-۴ اهمیت و فواید همزیستی میکوریز آربوسکولار ۲۰

۱-۴ شوری ۲۱
۱-۴-۱ وسعت شوری در دنیا ۲۱
۱-۴-۲ تعریف تنش شوری ۲۲
۱-۴-۳ تاثیر تنش شوری بر گیاه ۲۳
۱-۵ ذرت ۲۶
۱-۵-۱ تاثیر تنش شوری بر گیاه ذرت ۲۷
۱-۵-۲ خاک مناسب برای رشد ذرت ۲۸
۱-۶ جمع بندی بررسی منابع ۲۹
۲- فصل دوم: مواد و روشها ۲۹
۲-۱ انتخاب و آماده‌سازی خاک ۲۹
۲-۲ آماده‌سازی بستر رشد ۲۹
۲-۳ تهیه زادمایه AMF ۲۹
۲-۴ تعیین پتانسیل زادمایه قارچی ۳۰
۲-۵ انتخاب بذر و آماده‌سازی آن برای کشت ۳۰
۲-۶ کشت گیاه و اعمال تیمار ۳۰
۲-۷ تعیین نمودار EC تعادلی در خاک ۳۱
۲-۸ اندازه‌گیری صفات مورد نظر در گیاه و خاک ۳۳
۲-۸-۱ اندازه‌گیری پرولین برگ ۳۳
۲-۸-۲ وزن تر بخش هوایی و ریشه‌ها ۳۶
۲-۸-۳ وزن خشک بخش هوایی و ریشه‌ها ۳۷
۲-۸-۴ اندازه‌گیری گلومالین کل (TG) و گلومالین ساده استخراج (EEG) در خاک. ۳۷
۲-۸-۵ تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه ۴۱

۲-۸-۶ تجزیه نمونه‌های گیاهی به روش خشک سوزانی ۴۲
۲-۸-۷ اندازه‌گیری غلظت عناصر در عصاره‌ی گیاه ۴۲
۲-۹ تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها ۴۷
۳- فصل سوم: نتایج و بحث ۴۸
۳-۱ نتایج ۴۸
۳-۱-۱ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ۴۸
۳-۱-۲ وزن تر و خشک بخش هوایی ۴۸
۳-۱-۳ وزن تر و خشک ریشه ۵۰
۳-۱-۴ نسبت وزن تر ریشه به بخش هوایی (R/S) ۵۱
۳-۱-۵ نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی (R/S) ۵۳
۳-۱-۶ غلظت پرولین برگ ۵۴
۳-۱-۷ غلظت EEG خاک ۵۶
۳-۱-۸ غلظت TG خاک ۵۸
۳-۱-۹ درصد کلونیزاسیون ریشه ۶۱
۳-۱-۱۰ غلظت و مقدار فسفر بخش هوایی ۶۲
۳-۱-۱۱ غلظت و مقدار فسفر ریشه ۶۶
۳-۱-۱۲ غلظت و مقدار پتاسیم بخش هوایی ۷۰
۳-۱-۱۳ غلظت و مقدار پتاسیم ریشه ۷۱
۳-۱-۱۴ غلظت و مقدار سدیم بخش هوایی ۷۳
۳-۱-۱۵ غلظت و مقدار سدیم ریشه ۷۴
۳-۱-۱۶ غلظت و مقدار کلسیم بخش هوایی ۷۶
۳-۱-۱۷ غلظت و مقدار کلسیم ریشه ۷۷

۳-۱-۱۸ غلظت و مقدار منیزیم بخش هوایی ۷۹
۳-۱-۱۹ غلظت و مقدار منیزیم ریشه ۸۰
۳-۱-۲۰ غلظت و مقدار کلر بخش هوایی ۸۲
۳-۱-۲۱ غلظت و مقدار کلر ریشه ۸۳
۳-۱-۲۲ نسبت غلظت پتاسیم به سدیم بخش هوایی (K/Na) ۸۵
۳-۱-۲۳ نسبت غلظت پتاسیم به سدیم ریشه (K/Na) ۸۷
۳-۱-۲۴ نسبت غلظت کلسیم به سدیم بخش هوایی (Ca/Na) ۸۸
۳-۱-۲۵ نسبت غلظت کلسیم به سدیم ریشه (*Ca/Na*) ۸۸
۳-۲ بحث و نتیجه‌گیری ۹۰
۳-۲-۱ وزن تر و خشک گیاه ذرت ۹۰
۳-۲-۲ نسبت وزن ریشه به بخش هوایی (*R/S*) ۹۱
۳-۲-۳ غلظت پرولین ۹۲
۳-۲-۴ گلومالین ۹۳
۳-۲-۵ نسبت غلظت گلومالین در واحد درصد کلونیزاسیون ریشه ۹۳
۳-۲-۶ درصد کلونیزاسیون ۹۵
۳-۲-۷ غلظت و مقدار عناصر در بخش هوایی و ریشه ۹۶
۴- نتیجه گیری کلی ۱۰۳
۵- پیشنهادات ۱۰۴
۶- منابع مورد استفاده ۱۰۵

فهرست جداول

جدول ۱-۱: تاثیر کاربری و مدیریت زمین بر تولید CO_2 در خاک ۸

جدول ۲-۱: تعیین مقدار نمک لازم برای ایجاد تیمارهای شوری در خاک ۳۲

جدول ۲-۲: نحوه تهیه‌ی استانداردهای کاری پرولین ۳۶

جدول ۲-۳: استانداردهای سنجش برادفورد برای اندازه‌گیری نمونه‌های EEG ۳۹

جدول ۳-۱: برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای ۴۸

جدول ۳-۲: تجزیه واریانس اثر سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه ۴۹

جدول ۳-۳: مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه ۴۹

جدول ۳-۴: تجزیه واریانس اثر سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر نسبت وزن تر و خشک ریشه به بخش هوایی ۵۲

جدول ۳-۵: مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر نسبت وزن تر و خشک ریشه به بخش هوایی ۵۳

جدول ۳-۶: تجزیه واریانس اثر سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت پرولین برگ و درصد کلونیزاسیون ریشه ۵۵

جدول ۳-۷: مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت پرولین برگ و درصد کلونیزاسیون ریشه ۵۵

جدول ۳-۸: تجزیه واریانس اثر سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت گلومالین در خاک ۵۷

جدول ۳-۹: مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت گلومالین در خاک ۵۷

جدول ۳-۱۰: تغییرات تولید گلومالین در واحد درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمارهای شوری و گونه-های قارچی ۵۹

جدول ۳-۱۱: تجزیه واریانس اثر سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت عناصر در بخش هوایی ۶۳

جدول ۳-۱۲: مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت عناصر در بخش هوایی.....۶۴

جدول ۳-۱۳: تجزیه واریانس اثر سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار عناصر در بخش هوایی.۶۴

جدول ۳-۱۴: مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار عناصر در بخش هوایی.....۶۵

جدول ۳-۱۵: تجزیه واریانس اثر سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت عناصر در ریشه.....۶۷

جدول ۳-۱۶: مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت عناصر در ریشه ۶۷

جدول ۳-۱۷: تجزیه واریانس اثر سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار عناصر در ریشه ۶۸

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: رابطه ی بین EC_r و TDS..... ۳۲

شکل ۲-۲: رابطه بین EC_r و EC_e..... ۳۳

شکل ۳-۱: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر وزن تر بخش هوایی..... ۵۰

شکل ۳-۲ : اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر وزن خشک بخش هوایی..... ۵۰

شکل ۳-۳: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر وزن خشک ریشه..... ۵۱

شکل ۳-۴: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر وزن تر ریشه..... ۵۱

شکل ۳-۵: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر نسبت وزن تر ریشه به بخش هوایی ۵۲

شکل ۳-۶: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی ۵۴

شکل ۳-۷: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت پرولین برگ.....۵۶

شکل ۳-۸: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت EEG..... ۵۸

شکل ۳-۹: اثر متقابل سطوح شوری و قارچ *Gv* بر نسبت تولید گلومالین در واحد درصد کلونیزاسیون

۶۰.....

شکل ۳-۱۰: اثر متقابل سطوح شوری و قارچ *Gi* بر نسبت تولید گلومالین در واحد درصد کلونیزاسیون.....۶۰

شکل ۳-۱۱: اثر متقابل سطوح شوری و قارچ *Ge* بر نسبت تولید گلومالین در واحد درصد کلونیزاسیون.....۶۰

شکل ۳-۱۲: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت TG.....۶۱

شکل ۳-۱۳: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر درصد کلونیزاسیون ریشه.....۶۲

شکل ۳-۱۴: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت فسفر بخش هوایی.....۶۳

شکل ۳-۱۵: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار فسفر بخش هوایی.....۶۵

شکل ۳-۱۶: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت فسفر ریشه.....۶۸

شکل ۳-۱۷: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار فسفر ریشه.....۶۹

شکل ۳-۱۸: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت پتاسیم بخش هوایی..... ۷۰

شکل ۳-۱۹: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار پتاسیم بخش هوایی..... ۷۱

شکل ۳-۲۰: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت پتاسیم ریشه..... ۷۱

شکل ۳-۲۱: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار پتاسیم ریشه..... ۷۲

شکل ۳-۲۲: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت سدیم بخش هوایی..... ۷۳

شکل ۳-۲۳: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار سدیم بخش هوایی..... ۷۴

شکل ۳-۲۴: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت سدیم ریشه..... ۷۵

شکل ۳-۲۵: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار سدیم ریشه..... ۷۵

شکل ۳-۲۶: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت کلسیم بخش هوایی.....۷۶

شکل ۳-۲۷: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار کلسیم بخش هوایی..... ۷۷

شکل ۳-۲۸: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت کلسیم ریشه ۷۸

شکل ۳-۲۹: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار کلسیم ریشه..... ۷۸

شکل ۳-۳۰: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت منیزیم بخش هوایی..... ۷۹

شکل ۳-۳۱: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار منیزیم بخش هوایی ۸۰

شکل ۳-۳۲: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت منیزیم ریشه..... ۸۱

شکل ۳-۳۳: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار منیزیم ریشه ۸۲

شکل ۳-۳۴: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت کلر بخش هوایی ۸۲

شکل ۳-۳۵: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر مقدار کلر بخش هوایی..... ۸۳

شکل ۳-۳۶: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر غلظت کلر ریشه..... ۸۴

شکل ۳-۳۷: اثر متقابل سطوح شوری وگونه‌های قارچی بر مقدار کلر ریشه ۸۵

شکل ۳-۳۸: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر نسبت غلظت K/Na بخش هوایی..... ۸۵

شکل ۳-۳۹: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی برنسبت غلظت K/Na ریشه ۸۷

شکل ۳-۴۰: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر نسبت غلظت Ca/Na بخش هوایی..... ۸۸

شکل ۳-۴۱: اثر متقابل سطوح شوری و گونه‌های قارچی بر نسبت Ca/Na ریشه ۸۹

دلیل عمده افزایش روز افزون مقدار CO_2 جهانی، کاهش مواد آلی خاک‌ها بدنبال تبدیل مراتع به زمین‌های کشاورزی می‌باشد. بیشتر از یک سوم افزایش CO_2 جهانی به‌دلیل انقلاب صنعتی است، که می‌تواند به دلیل اتلاف کربن خاک طی فعالیت‌های کشاورزی باشد. خاک‌ها به‌صورت بالقوه منبع بزرگی برای تجمع کربن در ماده آلی خاک هستند. CO_2اتمسفری تحت شرایط مختلف می‌تواند به خاک برگردانده شود. فعالیت‌هایی که موجب تسهیل حرکت کربن به داخل خاک می‌شوند، شامل کاهش سرعت تجزیه کربن خاک، ورود مقادیر بالای توده‌ی زنده‌ی گیاهی، کاهش فرسایش خاک و تولید گلومالین[۱] ناشی از فعالیت‌های میکوریزی می‌باشند (امارانتوس وهمکاران ۲۰۰۹).

گلومالین در سال ۱۹۹۶ بوسیله‌ی محقق علوم کشاورزی، سارا رایت[۲] کشف شد. رایت بدلیل اینکه قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (AMF)[۳] در راسته‌ی Glomerales قرار دارند، آن را گلومالین نام‌گذاری کرد. گلومالین گلیکوپروتئینی است که توسط قارچ‌های AM تولید و وارد ماده‌ی آلی خاک می‌شود. گلومالین که دارای ۳۰ تا ۴۰ درصد کربن است و جزء مهمی از ماده‌ی آلی خاک به‌شمار می‌رود، می‌تواند باعث افزایش خاکدانه سازی شود و هدررفت ذخایر کربن در خاک را کاهش دهد (وایت من ۲۰۰۹). تا قبل از شناسایی گلومالین، تصور بر این بود که هومیک اسید بیشترین سهم را در کربن خاک دارد. مطالعات نشان داده است گلومالین می‌تواند در بیشتر از ۳۰ درصد کربن خاک نقش داشته باشد و ۴۰ سال در خاک باقی بماند (امارانتوس وهمکاران ۲۰۰۹). گلومالین ماده‌ی بسیار چسبناکی است که مقاوم به تجزیه میکروبی بوده و به آسانی در آب حل نمی‌شود؛ ولی در دمای بالا بسیار محلول است. این خصوصیات باعث می‌شود گلومالین یک پوشش محافظتی خوب، برای هیف[۴] و خاکدانه‌ها باشد. زمانی که انتقال عناصر غذایی در هیف متوقف می‌شود، گلومالین به داخل خاک ریزش پیدا می‌کند (وایت من ۲۰۰۹).

[۱] Glomalin
[۲] Sara Wright.
[۳] Arbuscular Mycorrhizal Fungi
[۴] Hyphae

خاکدانه سازی فرایند پیچیده‌ای است که در آن ذرات خاکی که کنار هم قرار دارند، بـه هـم متصـل می‌شوند و به شکل خاکدانه درمی‌آیند. این خاکدانه‌ها غنی از مواد غذایی و مقاوم به فرسایش هستند. هیف بدلیل رشته‌های مویی بلندی که دارد، ذرات خاک را کنار هم نگه می‌دارد و گلومالین باعث اتصال آنها به هم می‌شود و آن‌ها را محافظت می‌کند (وایت من ۲۰۰۹). خاکدانه‌سازی یکی از چند وظـایفی اسـت کـه بـرای گلومالین و دیگر پلی ساکاریدهای میکروبی تعریف شده است. زمانی که خاکدانه‌ها ناپایدار هستند، با ریزش باران فرو می‌ریزند و در حضور فرسایش آبی و بادی، مواد آلی و عناصر غذایی داخل خاکدانه از دست می‌رود (وایت من ۲۰۰۹).

بطور کلی وظایفی که برای گلومالین عنوان شده است عبارتند از:

۱. جلوگیری از اتلاف عناصرغذایی در زمان انتقال در هیف
۲. افزایش خاکدانه‌سازی و پایداری خاکدانه
۳. کاهش فرسایش آبی و بادی
۴. افزایش نفوذ آب و نگهداری آب در نزدیک ریشه
۵. بهبود چرخه عناصر غذایی
۶. ذخیره کربن و نیتروژن خاک
۷. بهبود نفوذ ریشه، بوسیله‌ی کاهش فشردگی خاک

قارچ‌های AM، تنها تولید کننده‌ی گلومالین هستند که در ریشه‌های گیاهان یافت مـی‌شـوند. قـارچ کربن گیاه را برای رشد خود و تولید گلومالین و دیگر ترکیبات آلی مصرف می‌کنـد. هیـف‌هـا هـم در طـول ریشه گیاه گسترش پیدا می‌کنند. ساختار هیف به گونه‌ای است که مانند نی، آب و مواد غـذایی بیشـتری را برای گیاه می‌رساند. متاسفانه فاکتورهای زیادی همچون فرسایش، کشت، آیش، کودهای شیمیایی، آفت‌کش و شوری بر گسترش قارچ‌های میکوریزی تاثیر می‌گذارند و برای آنها ایجاد محـدودیت مـی‌کننـد. مطالعـات

نشان می‌دهند، زمین‌های زراعی و علف‌زارهای دنیا بصورت بالقوه دارای توانایی جبران دی‌اکسیدکربن انتشار یافته از صنعت و وسایل نقلیه هستند (امارانتوس وهمکاران ۲۰۰۹).

شوری خاک، یکی از جدی‌ترین عوامل محدود کننده‌ی کشاورزی است که خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک سبب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. شوری ناشی از کلریدسدیم، از فراوانترین انواع شوری در خاک‌های زراعی محسوب می‌شود. این نمک با بهم زدن توازن اسمزی بین گیاه و خاک و تعادل متابولیسم گیاه، باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (واین جونز و گورهام ۱۹۸۳، آیرس و وستکوت ۱۹۸۵ و هاسیگاوا و همکاران ۱۹۸۶). هر عاملی که منجر به افزایش قدرت تحمل شوری گیاهان شود، در بهبود ریشه و عملکرد آنها در شرایط شور موثر است. قارچ‌های میکوریزی با افزایش جذب عناصر غذایی، نظیر P و Zn (جورج و همکاران ۱۹۹۴، مارچنرو دل۱۹۹۴ و آل‌کاراکی ۱۹۹۷،۱۹۹۸) و بهبود روابط آبی گیاه، (سیلویا و همکاران ۱۹۹۳ و بدلنفالوای و همکاران ۱۹۸۸) باعث افزایش رشد گیاه و رقیق شدن یون‌های سمّی می‌گردند (جونیپر و آبوت ۱۹۹۳). آنها می‌توانند تحمل و رشد گیاه را در شرایط شور بهبود ببخشند (جین و همکاران ۱۹۸۹و آل-کاراکی۲۰۰۰).

حال با توجه به اهمیت حضور گلومالین و قارچ‌های میکوریز در خاک و گستردگی خاک‌های شور در دنیا، اهداف این پژوهش عبارت بودند از:

۱. ارزیابی اثر شوری ناشی از NaCl بر توسعه کلونیزاسیون میکوریزی ریشه و تولید گلومالین و بررسی رابطه بین درصد کلونیزاسیون و تولید گلومالین.

۲. بررسی غلظت عناصر K، Na، Ca، P، Cl، نسبت‌های K/Na و Ca/Na در ریشه و بخش هوایی گیاه و رابطه آنها با افزایش حضور نمک.

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱ کربن آلی

۱-۱-۱ مساله‌ی گرم شدن کره‌ی زمین

دی‌اکسید کربن مهمترین گاز گلخانه‌ای است، که افزایش سوخت‌های فسیلی و جنگل زدائی در سراسر جهان، از عوامل بسیار موثر در افزایش سطح آن می‌باشد. کربن اتمسفری از طریق جذب طول موج‌های بازتابی، باعث افزایش گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی می‌گردد (ورامش و همکاران ۱۳۹۰). گرم شدن کره‌ی زمین یکی از مشکلات قرن بیست و یکم می‌باشد. خطرات انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، در مجامع جهانی مختلف محیط زیست مورد توجه و تأکید قرار گرفته است. در سال ۱۹۹۲ میلادی تقریباً تمام کشورهای دنیا (بیش از ۱۶۰ کشور جهان) کنوانسیون تغییرات اقلیمی را امضاء نمودند. هدف بلند مدت این توافقنامه، کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای در سطح سلامتی انسان و کنترل تغییرات اقلیمی بوده است. برای دستیابی به این هدف، کشورهای صنعتی پروتکل کیوتو را در دسامبر ۱۹۹۷ میلادی پذیرفتند. کشورهای توسعه یافته صنعتی عضو این کنوانسیون، متعهد شدند طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ میلادی مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای را در سطح کمتر از سال ۱۹۹۰ میلادی برسانند. ایالت متحده آمریکا پذیرفت که کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را حداکثر تا ۷٪ کمتر از مقدار آن در سال ۱۹۹۰ برساند و کانادا مقدار حداکثر ۶٪ را پذیرفت (برادمدو متیو ۲۰۰۳). در ۱۵۰ سال گذشته انتشار CO_2 به اتمسفر، ۳۱٪ افزایش پیدا کرده است (لال ۲۰۰۷).

از عوارض گرم شدن کره‌ی زمین کاهش پوشش برف در نواحی قطبی (پست و همکاران ۲۰۰۹)، افزایش سطح آب (راماستورت ۲۰۰۷ و IPCC ۲۰۰۷a)، کاهش عملکرد زراعی (اسچلسینگر و روبرت ۲۰۰۹)، تغییر عملکرد اکوسیستم (والکر و همکاران ۲۰۰۹)، افزایش وقایع طبیعی (مثل طوفان کاترینا در ۲۰۰۷) مخصوصاً خشکسالی (مثل نارسایی باران‌های موسمی در هند در ۲۰۰۹)، تغییر تنوع زیستی (b ۲۰۰۷IPCC) و افزایش گرسنگی جهانی و ناامنی مواد غذایی است (کلاین ۲۰۰۷).

۱-۱-۲ خاک منبع ذخیره‌ی کربن

انسان از غذایی که می‌خورد تا هوایی که در آن نفس می‌کشد، لباسی که می‌پوشد وابسته به لایه نازک سطح زمین است که ما آن را خاک می‌نامیم و یکی از مهمترین منابع طبیعی زمین است. خاک‌ها نقش کلیدی را در فرایند ذخیره سازی و بازیافت کربن دارند (آمارانتوس ۲۰۰۸). مقدار گاز کربنیک در چرخه‌ی طبیعت، معادل ۲۰۰ میلیارد تن در سال می‌باشد که به‌وسیله‌ی گیاهان و اقیانوس‌ها از اتمسفر دریافت می‌شود و حاصل آن تعادل چرخه‌ی گاز کربنیک در طبیعت است (محمودی طالقانی و همکاران ۱۳۸۶). خاک‌های زراعی (زمین‌های زراعی، چراگاه‌ها و مراتع)، ۲۵ تا ۷۵ درصد از ذخیره‌ی کربن آلی خود را بسته به نوع خاک، آب و هوا و فعالیت‌های مدیریتی تخلیه می‌کنند (لال ۲۰۱۱). یک روش پیشنهاد شده برای کاهش گاز کربنیک هوا، افزایش ذخیره‌ی جهانی کربن در خاک‌ها می‌باشد. چرا که خاک تقریباً ۷۵٪ ذخایر کربن در خشکی را دارا می‌باشد (محمودی طالقانی و همکاران ۱۳۸۶). ذخایر کربن خاک، جزء مهم چرخه‌ی جهانی کربن هستند (لی‌کوایری ۲۰۰۸). حدس زده می‌شود ذخیره‌ی کربن برای عمق ۲ متری ۲۵۰۰ میلیارد تن باشد (لال ۲۰۱۱). کربن خاک شامل دو جزء ذخیره‌ی کربن آلی[۱] (SOC) و ذخیره‌ی کربن معدنی[۲] (SIC) است. فعالیت‌های کشاورزی عموماً بر SOC که منبع نهانی تولید گازهای گلخانه‌ای است، تاثیرگذار است (لال ۲۰۰۷). در سال‌های اخیر توجّه ویژه‌ای به ترسیب کربن[۳] می‌شود، در حالی که این موضوع در سال‌های پیشین کمتر مطرح بوده و نگرانی در مورد آن وجود نداشت. ترسیب کربن بدلیل ترکیب کربن با اکسیژن و تولید گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن، اهمیّت ویژه‌ای پیدا کرده است (آمارانتوس ۲۰۰۸). بنابراین خاک‌ها در حفظ توازن چرخه‌ی جهانی کربن نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند.

۱-۱-۳ ترسیب کربن

کربن در همه‌ی ارگانیسم‌های زنده یافت می‌شود و در اشکال مختلفی وجود دارد که غالباً بصورت زیتوده گیاهی، ماده‌ی آلی خاک و گاز CO_2 در اتمسفر است. ترسیب کربن، ذخیره‌ی طولانی مدت کربن در

[۱] Soil organic carbon
[۲] Soil inorganic carbon
[۳] Carbon Sequestration

اقیانوس‌ها، خاک‌ها، پوشش گیاهی (مخصوصاً جنگل‌ها) و ساختارهای مربوط به زمین شناسی است (انجمن اکولوژی آمریکا[1]). ترسیب کربن در خاک که گاهی ترسیب بیولوژیکی نیز گفته می‌شود، از طریق جنگل و شیوه‌های حفاظتی خاک انجام می‌گیرد که موجب افزایش ذخیره‌ی کربن خاک (بازسازی یا ایجاد جنگل-های جدید و علفزارها) و کاهش انتشار CO_2 (مثل کاهش عملیات خاکورزی و ممانعت از آتش‌سوزی‌های شدید) می‌شود (ساندکوئیست ۲۰۰۸). کاهش CO_2 اتمسفر، تنها یکی از مزایای مهم افزایش ترسیب کربن در خاک‌ها است. از نتایج افرایش ترسیب کربن در خاک‌های کشاورزی، بهبود کیفیت آب و خاک، کاهش اتلاف عناصر غذایی و تولید بالای محصولات زراعی است. برخی شیوه‌های مدیریتی منجر به افزایش ترسیب کربن خاک می‌شوند:

خاکورزی حفاظتی میزان دستکاری خاک را برای تولید زراعی، حذف و یا به حداقل می‌رساند. در این شیوه بقایای گیاهی در سطح خاک رها می‌شود. این روند باعث کاهش فرسایش، بهبود کارایی مصرف آب و افزایش غلظت کربن در خاک سطحی می‌شود و مقدار مصرف سوخت‌های فسیلی به‌وسیله‌ی ماشین آلات کشاورزی را کاهش می‌دهد

استفاده از پوشش گیاهان زراعی همچون شبدر در بین دوره‌های منظم تولید زراعی، برای حمایت و بهبود خاک می‌باشد. پوشش گیاهی، به‌کمک افزایش پایداری ساختمان خاک و اضافه کردن ماده‌ی آلی به خاک، منجر به بهبود ترسیب کربن خاک می‌شود. تناوب زراعی باعث افزایش تنوع اکوسیستم‌های طبیعی، نسبت به روش‌های تک کشتی می‌شود. در این شرایط ماده آلی خاک افزایش می‌یابد. بنابراین کارایی تناوب زراعی بستگی به نوع گیاه و دفعات تناوب زراعی دارد (انجمن اکولوژی آمریکا).

علاوه بر شیوه‌های مدیریتی ذکر شده، اخیراً کشف شده است که AMF، گلیکوپروتئینی بنام گلومالین تولید می‌کنند که همبستگی بالایی با پایداری خاکدانه‌ها دارد (رایت و آپادهیایا ۱۹۹۸) و باعث افزایش ترسیب کربن و سلامتی خاک می‌شود (نیکولز ۲۰۰۳).

[1] Ecological Society of America