بنام

پروردگار

جان آفرین حکیم سخن در زبان آفرین

دانشگاه شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

اثر ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر ترسیب و توزیع کربن روی سویا

حسین زرگر

اساتید راهنما :

دکتر محمدرضا عامریان

دکتر حمیدرضا اصغری

استاد مشاور :

مهندس مهدی رحیمی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۴

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : کشاورزی

گروه : زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای **حسین زرگر** به شماره دانشجویی **۹۲۱۶۳۴۴**

تحت عنوان: اثر ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر ترسیب و توزیع کربن روی سویا

در تاریخ **۱۹۳۴/۶/۲۳** توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر محمدرضا عامریان		نام و نام خانوادگی : مهندس مهدی رحیمی	
نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا اصغری			

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر حسن مکاریان		نام و نام خانوادگی : دکتر شاهرخ قرمچیک	
نام و نام خانوادگی : دکتر مصطفی حیدری			

نگاهی که به زندگی ۶ ساله دانشجویی ام می اندازم کلی تجربه و خاطره می بینم که باگذشت زمان بدست آمده و کوله باری شده به روی دوشم. فعالیت من در این دانشگاه به اتمام و حالا که وقت رفتن فرا رسیده مایلم تجربه ای از تجربیات خودم را برای شما دوست عزیز بیان کنم.

گاهی اوقات همه چیز بر وفق مراد ما نیست. هر کسی در زندگی با افرادی روبرو خواهد شد که یا ارتباط خوبی با آنها خواهد داشت یا اینکه از ارتباط با این افراد ناراضی خواهد بود. تجربه من بیانگر این موضوع ست که :

از افراد مثبت اطرافتان تقدیر کنید چراکه با رفتارشان شما را برای رسیدن به هدفتان تشویق و راهنمایی خواهند کرد. از افراد منفی اطرافتان هم سپاسگزار باشید چراکه با رفتارشان رشد و سرسختی را به شما ناخواسته هدیه خواهند داد.

به امید موفقیت در مراحل مختلف زندگی- زرگر

تعهد نامه

اینجانب **حســین زرگر** دانشـجوی دوره کارشـناسـی ارشـد رشته **آگرو اکولوژی** دانشکده **کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویســـنده پایان نامه **اثر ریزموجودات همزیســـت و نهاده خارجی (کود) بر ترســـیب و توزیع کربن روی ســـویا** تحت راهنمائی**دکتر محمدرضا عامریان** و **دکتر حمیدرضا اصغری** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطـالـب مندرج در پایان نامه تاکنون توســـط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دسـت آمدن نتایج اصـلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) اسـتفاده شـده اسـت ضـوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

.

تاریخ : ۱۳۹٤/۶/۲۳

امضای دانشجو : حسین زرگر

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده :

از گذشــته تا کنون فعالیت های صــنعتی و کشاورزی بشر سبب افزایش انتشار گاز های گلخانه ای، گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی در مناطق مختلف جهان شــده اســت. بیشــترین و مهمترین آن دی اکســید کربن می باشــد. ترســیب کربن به حفظ و ذخیره مداوم کربن به درون خاک گفته می شــود. تحقیقات نشــان داده اســت که ترســیب کربن و کنترل نیتروژن در خاک از موثرترین راه های کاهش انتشــار گاز های گلخانه ای به جو می باشــد. در این پژوهش فاکتور های ریزموجودات همزیســت در چهار سطح (عدم تلقیح، برادی رایزوبیوم، مایکوریزا، برادی رایزوبیوم + مایکوریزا) و نهاده خارجی کود در ســه ســطح (عدم کاربرد، کود شــیمیایی نیتروژن، کود دامی) به منظور بررسی تاثیر ریزموجودات همزیســت و نهاده خارجی کود بر ترســیب کربن اعمال گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در ســال ۱۳۹۳ با کاشــت گیاه سویا صورت گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد اثرات اصلی ریزموجودات همزیســت (کود بیولوژیک) و نهاده خارجی کود به تنهایی بر وزن خشــک ســاقه و برگ، توزیع کربن ترســیب شــده در برگ و ساقه، سطح برگ، میزان کلروفیل برگ، کربن آلی خاک، نیتروژن کل خاک، تنفس خاک و نیترات خاک معنی دار شد. در حالیکه اثرات متقابل ریزموجودات همزیست و کود های مصــرفی بر هیچکدام از صــفات یاد شده معنی دار نشد. از نتایج بدست آمده در این پژوهش می توان بیان کرد که کاربرد کود های دامی و بیولوژیک نقش موثری بر ترســیب کربن خاک و مقدار کربن در گیاه سویا داشته و می توانند از انتشار گاز های گلخانه ای به جو تا حدی جلوگیری نمایند.

کلمات کلیدی : ترسیب کربن، کود بیولوژیک، گاز های گلخانه ای، کود دامی، کود شیمیایی نیتروژن

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فصل اول : مقدمه و کلیات	۱
مقدمه	۲
۱-۱- گاز های گلخانه ای	۳
۱-۲- نقش کشاورزی و بوم نظام های زیستی	۳
۱-۳- اهمیت کربن	۴
۱-۴- ترسیب کربن و اهمیت آن	۵
۱-۵- نقش کود های بیولوژیک و اهمیت آنها	۵
۱-۵-۱- شناخت قارچ مایکوریزا	۶
۱-۵-۲- طبقه بندی و چگونگی برقراری همزیستی	۷
۱-۵-۳- باکتری ریزوسفری	۸
۱-۵-۴- باکتری برادی رایزوبیوم	۹
۱-۶- نقش و اهمیت نیتروژن در گیاهان	۹
۱-۶-۱- اثرات زیست محیطی کود شیمیایی نیتروژن	۱۱
۱-۷-کود های آلی	۱۱
۱-۷-۱- نقش کود های آلی در محیط زیست و کشاورزی	۱۳
۱-۸- گیاه زراعی سویا	۱۴
۱-۸-۱- تاریخچه سویا	۱۴
۱-۸-۲- اهمیت سویا	۱۴
۱-۸-۳- گیاه شناسی سویا	۱۵
۱-۸-۴- اکولوژی سویا	۱۶
اهداف تحقیق	۱۷
فصل دوم : بررسی منابع	۱۹
۲-۱- گرمایش زمین و گاز های گلخانه ای	۲۰
۲-۲- تغییرات اقلیمی تحت تاثیر گرمایش جهانی و گاز های گلخانه ای	۲۱
۲-۳- نقش کشاورزی در تولید گاز های گلخانه ای	۲۱
۲-۴- رشد و عملکرد گیاهان تحت تاثیر تغییرات اقلیمی	۲۳
۲-۵- نقش کربن و اهمیت آن	۲۶
۲-۶- راهکار های موثر برای ذخیره سازی کربن و ماده آلی خاک	۲۷
۲-۷- ترسیب کربن و اهمیت آن	۲۸
۲-۸- نقش کود های بیولوژیک	۳۰
۲-۸-۱- کود های زیستی تثبیت کننده نیتروژن(برادی رایزوبیوم)	۳۱

۲-۸-۲- نقش قارچ مایکوریزا	۳۲
۲-۸-۲-۱- عوامل موثر بر همزیستی مایکوریزا	۳۴
۲-۹- اهمیت کود های دامی	۳۵
۲-۱۰- کود های شیمیایی نیتروژن	۳۷
فصل سوم : مواد و روش ها	۳۹
۳-۱- زمان، موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل پروژه	۴۰
۳-۲- خصوصیات خاک مزرعه	۴۰
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی و تیمار های آزمایش	۴۱
۳-۴- عملیات کشاورزی	۴۲
۳-۴-۱- آماده سازی زمین	۴۲
۳-۴-۲- کاشت	۴۲
۳-۴-۳- داشت	۴۲
۳-۵- نمونه برداری در طی فصل رشد	۴۳
۳-۶- نمونه برداری کلروفیل	۴۳
۳-۷- اندازه گیری سطح برگ	۴۳
۳-۸- تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه ای	۴۴
۳-۹- اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اُلسن	۴۵
۳-۱۰- اندازه گیری فسفر کل خاک به روش اُلسن و سومرز	۴۶
۳-۱۱- اندازه گیری کربن آلی خاک به روش والکی بلاک	۴۷
۳-۱۲- اندازه گیری ترسیب کربن خاک	۴۹
۳-۱۳- اندازه گیری ترسیب کربن در زیست توده گیاهی	۴۹
۳-۱۴- تعیین نیتروژن کل خاک به روش کجلدال	۵۰
۳-۱۵- اندازه گیری نیترات خاک	۵۱
۳-۱۶- اندازه گیری تنفس میکروبی پایه به روش آندرسون	۵۴
۳-۱۷- کربن زیست توده میکروبی(MBC)	۵۵
۳-۱۸- اندازه گیری EC و pH عصاره خاک	۵۶
۳-۱۹- اندازه گیری سایر پارامتر های خاک اولیه	۵۶
۳-۲۰- ارزیابی و بررسی آماری داده ها	۵۶
فصل چهارم : نتایج و بحث	۵۷
۴-۱- وزن خشک برگ و ساقه	۵۸
۴-۲- توزیع کربن ترسیب شده در برگ و ساقه	۶۰
۴-۳- سطح برگ سویا	۶۳
۴-۴- کلروفیل برگ	۶۶
۴-۵- نیتروژن کل خاک	۶۸
۴-۶- نیترات خاک ($N\text{-}NO_3$)	۷۰

۴-۷- کربن آلی خاک	۷۲
۴-۸- ترسیب کربن خاک	۷۴
۴-۹- تنفس خاک	۷۶
نتیجه گیری	۷۹
پیشنهادات	۸۰
پیوست	۸۱
منابع	۹۱

فهرست شکل ها

عنوان	شماره صفحه
شکل ۴-۱- اثر ریزموجودات همزیست بر وزن خشک ساقه	۵۹
شکل ۴-۲- اثر ریزموجودات همزیست بر وزن خشک برگ	۶۰
شکل ۴-۳- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار کربن ترسیب شده در بافت ساقه	۶۱
شکل ۴-۴- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار کربن ترسیب شده در بافت ساقه	۶۲
شکل ۴-۵- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار کربن ترسیب شده در بافت برگ	۶۳
شکل ۴-۶- اثر ریزموجودات همزیست بر سطح برگ	۶۵
شکل ۴-۷- اثر نهاده خارجی کود بر سطح برگ	۶۶
شکل ۴-۸- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار کلروفیل برگ	۶۷
شکل ۴-۹- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار کلروفیل برگ	۶۸
شکل ۴-۱۰- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار نیتروژن کل خاک	۶۹
شکل ۴-۱۱- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار نیترات خاک	۷۱
شکل ۴-۱۲- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار نیترات خاک	۷۲
شکل ۴-۱۳- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار کربن آلی خاک	۷۳
شکل ۴-۱۴- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار کربن آلی خاک	۷۴
شکل ۴-۱۵- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار کربن ترسیب شده در خاک	۷۵
شکل ۴-۱۶- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار کربن ترسیب شده در خاک	۷۶
شکل ۴-۱۷- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار تنفس خاک	۷۷
شکل ۴-۱۸- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار تنفس خاک	۷۸

فهرست جداول

عنوان	شماره صفحه
جدول ۱- خصوصیات خاک مزرعه	۴۱
جدول ۲- محلول های استاندارد برای اندازه گیری نیترات خاک	۵۳

فهرست جداول پیوست

عنوان	شماره صفحه
جدول (۱)- میانگین مربعات وزن خشک برگ و ساقه	۸۲
جدول (۲)- میانگین مربعات کربن آلی در خاک و کربن ترسیب شده در اندام های رویشی	۸۲
جدول (۳)- میانگین مربعات سطح برگ سویا	۸۳
جدول (۴)- میانگین مربعات کلروفیل در برگ	۸۳
جدول (۵)- میانگین مربعات نیتروژن در خاک	۸۴
جدول (۶)- میانگین مربعات ترسیب کربن در خاک	۸۴
جدول (۷)- میانگین مربعات تنفس در خاک	۸۵
جدول (۸)- میانگین مربعات زیست توده کربن میکروبی (MBC) در خاک	۸۵
جدول (۹)- میانگین مربعات فسفر در خاک	۸۶
جدول (۱۰)- میانگین مربعات کلونیزاسیون ریشه ای	۸۶
جدول (۱۱)- مقایسه میانگین بر وزن خشک برگ و ساقه	۸۷
جدول (۱۲)- مقایسه میانگین بر کربن آلی دو اندام رویشی گیاه	۸۷
جدول (۱۳)- مقایسه میانگین بر سطح برگ سویا	۸۸
جدول (۱۴)- مقایسه میانگین بر کلروفیل برگ	۸۸
جدول (۱۵)- مقایسه میانگین نیتروژن خاک	۸۹
جدول (۱۶)- مقایسه میانگین کربن آلی خاک	۸۹
جدول (۱۷)- مقایسه میانگین ترسیب کربن در خاک	۹۰
جدول (۱۸)- مقایسه میانگین تنفس خاک	۹۰

فصل اول:

مقدمه و کلیات

در آسمان علم عمل بهترین پر است در کشور وجود هنر بهترین غناست

با دانش است فخر نه با ثروت و عقار تنها هنر تفاوت انسان و چارپاست

مقدمه :

از گذشــته تا به حال، گسترش فعالیت های صنعتی، ترکیبات شیمیایی اتمسفر را تغییر داده بدین صـورت که تغییرات بی سابقه ای را به دنبال داشته است (شی و همکاران، ۲۰۰۹). افرایش غلظت گاز های گلخانه ای در اتمسفر سبب تغییر در ترکیبات شیمیایی جو می شود. این گاز ها شامل بخار آب، دی اکســید کربن، اکســید نیتروژن، متان، ازون و ترکیبات کربن دار می باشند. جای شکی نیست که فعالیت های بشر در طول زمان مسبب افزایش غلظت گاز های گلخانه ای است (ترنر، ۲۰۰۱). هر یک از این گاز ها به ســـهم خود اثرات متفاوتی بر اقلیم و لایه ازون دارند و با در نظر گرفتن میزان اثر هر یک از این گاز ها، دی اکسید کربن را موثر ترین گاز گلخانه ای نامیده اند (هینمن و همکاران، ۲۰۰۵). در بین کشــور های جهان، آمریکا، چین، روســیه، هندوستان وکشور های صنعتی اروپا بیشترین تولید کننده گاز های گلخانه ای در جهان هستند.

در دهه های اخیر زمین گرمترین دوران خود را تجربه کرده است (ساندرز، ۱۹۹۸). از طرف دیگر، افزایش دما در قرن اخیر، مســـبب اصـــلی تغییرات اقلیمی و پیامد های مختلف آن می باشـــد (آنتل، ۱۹۹۵). محققین بر این باورند عامل کاهش حاصلخیزی خاک، بالا آمدن سطح دریا ها و تغییر الگوی بارش ناشــی از گرم شــدن بیش از حد زمین است (کارل و همکاران، ۱۹۹۷). در نهایت، مسبب اصلی تغییرات اقلیمی، فعالیت های نامناســب و صنعتی شدن بشر می باشد که پیامد این فعالیت ها، انتشار بیش از حد گاز های گلخانه ای می باشد. آنچه که بایستی به آن توجه شود، تغییر در سرعت و ماهیت تغییر اقلیم در طول زمان از گذشــته تا به حال است. امروزه نقش ترسیب کربن به عنوان عاملی جهت کنترل مقدار خروجی گاز های گلخانه ای به ویژه دی اکســید کربن شــناخته شــده اســت. همچنین ترســیب کربن در بلند مدت می تواند بر تغییرات اقلیمی و گرمایش زمین اثر گذار باشد و سبب بهبود این موارد شود.

۱-۱- گاز های گلخانه ای

گاز های گلخانه ای نقش بسیار موثری در جذب تشعشع خورشیدی دارند که همین امر باعث تغییر در اقلیم آب و هوای یک منطقه می شود. این گاز ها به دلیل ماهیت خاصی که دارند اشعه خورشید را به خود جذب می کنند و باعث گرم شدن زمین می شوند به این دلیل به آنها گاز گلخانه ای می گویند. مطالعاتی که روی گاز های گلخانه ای صورت گرفته است مبین آن است که در چند صد سال گذشته، غلظت این گاز ها افزایش بی سابقه ای داشته است. از سال ۱۷۵۰ میلادی، غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر ۳۱ درصد افزایش یافته که بیشترین سهم تولید این گاز را سوخت های فسیلی داشته است. همچنین غلظت متان و اکسید نیتروژن به ترتیب ۱۵۱ و ۱۷ درصد افزایش یافته است (آی پی سی سی، ۲۰۰۱). با اینکه انتشار گاز های نیتروژن کمتر از دیگر گاز ها می باشد اما توانایی بیشتری در گرم کردن زمین دارد (رودهی، ۱۹۹۰).

۱-۲- نقش کشاورزی و بوم نظام های زیستی

تولید محصولات زراعی به طور مستقیم به شرایط اقلیمی وابسته بوده و اولین بخشی که تحت تاثیر شرایط و تغییرات اقلیمی است، کشاورزی می باشد (سالینگر، ۲۰۰۵). کشاورزی بخش بزرگی از فعالیت های بشر را به خود اختصاص داده (بت و همکاران، ۲۰۰۷) و این فعالیت ها سبب تولید و انتشار مقدار زیادی از گاز های گلخانه ای به جو می شود (سالینگر،۲۰۰۷). نحوه کاربری زمین و مدیریت زراعی همچون خاکورزی، سوزاندن بقایا، کاربرد نامناسب کود های شیمیایی و غیره بر تغییر اقلیم و انتشار این گاز ها اثر گذار بوده است (لال، ۲۰۰۲). لال و همکاران (۱۹۹۹) نشان داده اند که خاک می تواند منبع و ذخیره کننده کربن آلی باشد بنابراین هرگونه مدیریت خاک می تواند باعث ذخیره یا انتشار کربن شود. کنترل و کاهش غلظت دی اکسید کربن و حفظ کربن خاک (لال، ۲۰۰۴) و تغییر در مدیریت امری مهم به نظر می رسد.کربن در خاک نقش ضروری دارد و بالا بودن آن در

خاک سبب کاهش آبشویی نیترات و فراهم آوردن مواد خوراکی می شود (فولت و همکاران، ۱۹۹۵). بنابراین برای رسیدن به راهکاری مناسب جهت بهبود حاصلخیزی خاک و کاهش انتشار گاز های گلخانه ای، بایستی به توازن کربن در خاک و بوم نظام های زراعی توجه کرد. خاک محیط خاص و پیچیده ای از مواد آلی و معدنی برای جانوران، ریزموجودات و گیاهان می باشد و از طرف دیگر، فراهم شدن مواد مورد نیاز، حاصلخیزی خاک و مقدار مواد آلی درون خاک نیز وابسته به آن می باشد (سویفت، ۱۹۹۷). کربن آلی شاخصی است که کیفیت خاک را می توان با آن سنجید (لال و همکاران، ۱۹۹۷). در چرخه کربن، خاک نقش بسزایی دارد. ماده آلی خاک شامل بقایای گیاهی، جانوری و میکروبی می باشد که به خاطر اثرات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک، سرعت چرخش این مواد کربن دار متغیر است (پست و کوآن، ۲۰۰۰).

۱-۳- اهمیت کربن در خاک

ماده آلی به خاطر تاثیری که بر تولید و خصوصیات فیزیکی خاک دارد بسیار حائز اهمیت است. مقدار ماده آلی خاک بر اساس کربن و نیتروژن خاک سنجیده می شود که این ماده آلی می تواند به طور مستقیم بر تولید گیاهان زراعی تاثیر گزار باشد. بیوئر و بلک (۱۹۹۴) افزایش محتوای ماده آلی خاک به مقدار ۱ مگا تن بر هکتار می تواند عملکرد گندم را در هکتار افزایش دهد. همچنین افزایش ماده آلی خاک علاوه بر افزایش تولید، سبب بهبود ساختمان خاک و بالا رفتن ظرفیت نگهداری آب در خاک می شود (بیوئر و بلک، ۱۹۹۴). خاک نقش مهمی در چرخه خوراکی بویژه چرخه کربن ایفا می کند. خاک مجموعه پیچیده ای از مواد معدنی و آلی می باشد که حاوی بقایای گیاهی، جانوری و میکروبی می باشد که به دلیل اثرات متقابل بین فرآیند های بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک، سرعت تجزیه و چرخش ترکیبات آلی متفاوت می باشد (پُست و کوان، ۲۰۰۰). ماده آلی خاک با توجه به فعالیت های ریزموجودات متفاوت و متغیر می باشد و بخش زیادی از ماده آلی خاک در اندازه های رسی و سیلتی به شکل های آلی- معدنی یافت می شود. پایداری در ماده آلی خاک جهت چرخه

خوراکی گیاه و بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ضروری می باشد. حفظ ماده کربنی خاک برای کشاورزی پایدار حائز اهمیت است بطوریکه کاهش ماده آلی، تولیدات کربنی گیاهان را کاهش می دهد (آلیسون، ۱۹۷۳). کربن آلی خاک شاخصی از کیفیت خاک می باشد (کمبل و همکاران، ۱۹۹۶). مطلوب ترین سطح ماده آلی خاک می تواند با عملیات کشاورزی مانند تناوب زراعی، حفظ حاصلخیزی خاک با مصرف کود های آلی و معدنی، روش های مناسب خاکورزی و دیگر روش ها حاصل شود (جانزن و همکاران، ۱۹۹۸).

۱-۴- ترسیب کربن و اهمیت آن

ترسیب کربن به ذخیره مداوم کربن درون خاک (یا حتی در دریا) گفته می شود. ترسیب کربن تحت تاثیر عوامل زراعی و مدیریتی همچون خاکورزی، نوع کود آلی، شرایط اقلیمی و غیره صورت می گیرد. ترسیب کربن سبب افزایش حاصلخیزی خاک و ذخایر کربنی خاک می شود (هاچینستون و همکاران، ۲۰۰۷). کربن خاک از دو بخش فعال و غیر فعال تشکیل شده است که در فرآیند ترسیب و ذخیره کربنی بخش غیرفعال مد نظر است. همچنین با توجه به مقاومت بخش غیر فعال کربن خاک نسبت به تجزیه شدن در خاک توسط ریزموجودات، به نظر می رسد که این بخش غیر فعال بتواند نقش موثری در ترسیب کربن داشته باشد (کمبل، ۱۹۶۷). به طور کلی، مقدار زیادی از دی اکسید کربن تولید شده در خاک به دلیل تجزیه شدن ماده آلی، تنفس ریشه، فرآیند های معدنی شدن و فعالیت جانوران خاکزی می باشد و کاهش انتشار دی اکسید کربن می تواند از گرم شدن زمین و تغییر اقلیم جلوگیری کند.

۱-۵- نقش کودهای بیولوژیک و اهمیت آنها

در کشاورزی پایدار، کاربرد کود های زیستی از اهمیت ویژه ای جهت حفظ حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول برخوردار است (شارما، ۲۰۰۲). کود های زیستی تنها شامل مواد آلی حاصل از

کود سبز، کود دامی، بقایای گیاهی و غیره نمی شود بلکه شامل ریزموجودات باکتریایی و قارچی نیز می شود (منافی و کلوپر، ۱۹۹۴). در طی دهه های اخیر، استفاده از کود های شیمیایی بیش از حد اندازه بوده و این امر سبب تجمع کادمیوم، نیترات و عناصر سنگین در خاک و آلوده کردن چرخه زیستی شده و مشکلاتی را در بخش کشاورزی به وجود آورده است (ملکوتی، ۱۳۸۳). کود های زیستی شامل گونه های مختلف ریزموجودات هستند که می توانند عناصر خوراکی مانند فسفر و نیتروژن را از طریق فرآیند های زیستی و شیمیایی همچون تثبیت نیتروژن و محلول کردن سنگ های فسفاتی برای گیاه قابل دسترس کنند (وسی، ۲۰۰۳). در واقع گونه های مختلف ریزموجودات که می توانند عناصرخوراکی را از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس تبدیل کنند، به عنوان کود بیولوژیک استفاده می شوند (وو و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین با کاربرد کود بیولوژیک می توان سبب بهبود فیزیک خاک، سلامتی گیاه، اصلاح خاک فرسوده، تجزیه باقی مانده های گیاهی و دفع سموم موجود در خاک شد (صالح راستین، ۱۳۷۷). در حال حاضر کود های زیستی کاربرد و جایگزین مناسبی برای کود های شیمیایی در کشاورزی پایدار می باشند (وو و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین ترشحات میکروبی سبب افزایش خاکدانه بندی و حفظ مواد آلی خاک می شود و ساختمان خاک را بهبود می بخشد در نتیجه بهبود ویژگی های خاک می تواند محتوای کربن و ترسیب آن را بالا ببرد (جیلی و ریس، ۲۰۰۰).

۱-۵-۱- شناخت قارچ مایکوریزا

مهم ترین ریزموجودات موجود در خاک، قارچ های مایکوریزا هستند که اغلب در خاک های حاصلخیز می باشند، به طوری که حدود ۷۰ درصد از جامعه زیست توده قارچی را میسیلیوم ها تشکیل می دهند. قارچ های مایکوریزا قادرند با ریشه گیاهان اطراف خود نوعی رابطه همزیستی ایجاد کنند که این همزیستی برای سلامت و توسعه پایدار در کشاورزی مفید می باشد (میشرا، ۲۰۰۷). همزیستی مایکوریزا با گیاهان رایج و سابقه طولانی دارد زیرا بیشتر گیاهان جنگلی، زراعی و مرتعی

می توانند این رابطه همزیستی را برقرار کنند (شارما و جوهری، ۲۰۰۲). یک گیاه شناس آلمانی به نام فرانک در سال ۱۸۸۵ کلمه‌ی یونانی Mycorrhizae را که به معنی قارچ ریشه است، به کار برد که از دو بخش Myco به معنای قارچ و Rhizae به معنی ریشه تشکیل شده است. قارچ های مایکوریزا در مقابل عناصر خوراکی که از خاک جذب کرده و به گیاه منتقل می کنند، مواد خوراکی و آلی مورد نیاز خود را از فتوسنتز گیاهان تامین می کنند. بررسی ها نشان داده است که همزیستی قارچ های مایکوریزا با ریشه گیاهان مفید بوده و سبب افزایش رشد گیاه می شود (زیدی و خان، ۲۰۰۳).

۱-۵-۲- طبقه بندی و چگونگی برقراری همزیستی

بر اساس تفاوت‌های مورفولوژیک، انواع مایکوریزا به دو گروه کلی اکتومایکوریزا (بیرونی) و اندومایکوریزا (داخلی) تفکیک شده‌اند. اکتومایکوریزا بیشتردر ریشه درختان جنگلی و اندومایکوریزا بیشتر در ریشه گیاهان زراعی و مرتعی دیده می‌شوند. مایکوریزای آرباسکولار (AM) یکی از مهمترین انواع اندومایکوریزا یا قارچ‌های مایکوریزای داخلی است که از فضای بین سلولی و یا از درون سلول‌های اپیدرمی به داخل ریشه راه می‌یابند و در بین سلول‌های پوست ریشه و همین طور در درون فضای آپوپلاستی آن‌ها توسعه پیدا می‌کنند و اندام‌های اختصاصی به نام آربوسکول و وزیکول را در داخل ریشه بوجود می‌آورند. آربوسکول از انشعابات مکرر انتهای هیف در داخل سلول به وجود می‌آید و محل تبادل متابولیت‌ها بین سلول گیاهی و قارچ می‌باشد. وزیکول که در همه گونه‌ها دیده نمی‌شود، نیز از تورم انتهای هیف در بین و یا در درون سلول‌های پوست ریشه تشکیل می‌شود و نقش اندام ذخیره‌ای را به عهده دارد (هایمن، ۱۹۸۳). سه منبع اصلی تلقیح در خاک : ۱) اسپور ۲) تکه ریشه های تلقیح یافته ۳) هیف های پروگونال می باشند. در نوع داخلی (اندو) ریسه قارچ به داخل سلول میزبان نفوذ می‌کند ولی وارد پروتوپلاسم سلول نمی‌شود. در ریشه‌های دارای همزیستی در منطقه کورتکس ریشه ساختار بسیار منشعب آربوسکول دیده می‌شود.

۱-۵-۳- باکتری های ریزوسفری

به خاک اطراف ریشــه، ریزوســفر گفته می شــود که موجودات زنده در آن ناحیه به لحاظ کمی و کیفی از فعالیت های زیســتی ریشه مانند تنفس و خوراک بهره مند می شوند (بوون و رویرا، ۱۹۹۹). تجمع ریزموجودات به خاطر ترشــحات ریشــه ای و مواد آلی محیط ریزوســفر در اطراف ریشــه بیشتر است. تجمع و فعالیت باکتری ها در محیط ریشه سبب ابجاد تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاه می شــود. بیشــتر این تغییرات تاثیر مفید و مثبتی بر روی عناصــر ضــروری، رشد و سلامت گیاه داشته و بدین جهت باکتری های محرک رشد نامیده شده اند (سانهیتا گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵).

بیش از یک قرن اســـت که از نخســـتین کود بیولوژیک با نام تجاری نیتراژین (حاوی باکتری های رایزوبیوم) می گذرد (جونز و لوئیز، ۱۹۹۳) و به دنبال آن مراکز متعددی، شـــروع به تولید گونه های مختلف رایزوبیوم و باکتری های دیگر مانند (ازتوباکتری، فســـفوباکتر و غیره) کرده اند. این در حالی اســـت که جمعیت جهان افزایش پیدا کرده و کشـــاورزان مجبور به اســـتفاده بیش از حد کود های شیمیایی فسفره و نیتروژن شده اند به طوری که در چهار دهه اخیر مصرف این کود ها به ترتیب ۴ و ۹ برابر گردیده اســت (وانس، ۲۰۰۱). مصرف بیش از حد این کود ها سبب خسارت های مالی و جانی فراوانی در بخش کشاورزی و اکولوژیکی شده است (وانس، ۲۰۰۱). بنایراین حل این مشکلات نیازمند استفاده از روش های مناسب و پایدار می باشد. از رایج ترین ریزموجودات تک سلولی خاکزی، باکتری ها هستند که نقش بسیار مهمی در چرخه زیستی و اکولوژیکی دارند (میلر و جاسترو، ۱۹۹۲). باکتری ها از نظر متابولیکی می توانند شــیمیومورف یا هتروترف باشند. باکتری از طریق تقسیم دوتایی عمدتا تکثیر می شــوند و می توانند به صــورت های متحرک و غیر متحرک در خاک وجود داشته باشند. از بــاکتری هــای خاکزی می توان باســـیلوس، آرتوباکتر، ســـودوموناس، نیتروزوموناس، میکروکوکوس، رایزوبیوم، ازتوباکتر و غیره را نام برد (میلر و جاسترو، ۱۹۹۲).

۱-۵-۴- باکتری برادی رایزوبیوم ها

رایزوبیوم ها گونه های گرم منفی خاکزی هســـتند که در تثبیت نیتروژن نقش دارند. رایزوبیوم ها رابطه همزیســتی داخلی با ریشــه گیاهان بقولات برقرار می کنند. این باکتری ها ســبب ایجاد گره در ریشه گیاهان بقولات می شوند و مواد خوراکی مورد نیاز خود را از ترکیبات فتوسنتزی گیاه تامین می کنند. باکتری های رایزوبیوم توانایی تثبیت نیتروژن هوا را دارند. نخســتین مرحله تجمع رایزوبیوم ها روی ریشــه، شــناســایی گیاه میزبان توســط باکتری است. باکتری از طریق ترشحات پلی ساکاریدی با ترشحات ریشه ای ارتباط برقرار کرده و بر روی محل مناسب ریشه قرار می گیرند. بدون تردید تثبیت نیتروژن بهترین راهی است که بتوان نیتروژن را به طور طبیعی به خاک اضافه کرد. این باکتری ها به کمک آنزیم نیتروژناز تثبیت نیتروژن را انجام می دهند و می توانند به طور سالانه ۱۷۰ میلیون تن به بوم نظام های طبیعی نیتروژن وارد کنند. بررســی ها نشــان داده اســت که توانایی تثبیت نیتروژن در بقولات با توجه به عامل های خصــوصــیات خاک، اقلیم و روش های زراعی، تحت تاثیر دو عامل مهم دیگر یعنی نژاد باکتری و رقم گیاه می باشــد و اگر مناسب بکار برده شود بالاترین کارایی را در تثبیت نیتروژن خواهیم داشت.

۱-۶- نقش و اهمیت نیتروژن در گیاهان

با توجه به اهمیتی که نیتروژن برای گیاهان و رشــد آن ها دارد کمبود این عنصــر، رشد و عملکرد گیــاه را محــدود می کند و اکثر گیاهان زراعی به جز گیاهان خانواده بقولات (تثبیت کننده نیتروژن)، رشــد و عملکردشان به غلظت این عنصر در خاک بستگی دارد (زانگو، ۱۹۹۷). همچنین نیتروژن یکی از مهمترین عناصــر مورد نیاز گیاهان بوده به طوری که بعد از کربن و هیدروژن بیشــترین عنصــر در گیاهان اســت (ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۸). مصــرف نیتروژن در جوانه زنی، آغاز و در مرحله گلدهی و میوه دهی افزایش پیدا می کند. نیتروژن ســبب تکثیر ســلولی، افزایش طول ســلول و تمایز سلول می

شود. با تامین نیتروژن برای گیاهان، برگ ها کلروفیل بیشتری تولید کرده و سطح فتوسنتزی افزایش می یابد که نتیجه این امر تولید بیشتر ماده خشک در گیاه است (صالحی، ۱۳۸۰).

نیتروژن در خاک به فرم های آلی و غیر آلی وجود دارد و فعالیت ریزموجودات خاک همواره بر چرخه نیتروژن موثر بوده است. رشد سریع گیاه، کم بودن مواد آلی خاک، اسیدی یا قلیایی بودن خاک و رطوبت بیش از حد، نیتروژن را از دسترس گیاه خارج می کند. مقداری از نیتروژن به صورت گاز وارد اتمسفر می شود. به طور کلی کود های شیمیایی نیتروژنه پس از استفاده ماندگاری خوبی در خاک ندارند و به سادگی از دسترس خارج می شوند. نیتروژن نقش مهمی در استقرار گیاه و توانایی فتوسنتز دارد که در نهایت اثر مستقیمی روی عملکرد گیاهان می گذارد (بلوو و جنتری، ۱۹۹۲).

نیتروژن یکی از فاکتور های محدود کننده رشد گیاهان است (کارو و آمراید، ۲۰۰۹). نیتروژن در خاک به صورت های عنصری، معدنی و آلی وجود دارد. نیتروژن مولکولی در هوا وجود دارد که در اختیار ریزموجودات تثبیت کننده قرار می گیرد. نیتروژن در خاک به شکل های نیترات، نیتریت و آمونیوم وجود دارد که آمونیوم به سطح ذرات رس جذب می شود و نیترات و نیتریت به صورت محلول در خاک وجود دارند. نتایج بررسی ها نشان داده است که مقدار مواد آلی خاک، رطوبت و دمای خاک، پوشش گیاهی و عملیات زراعی در میزان نیتروژن خاک تاثیر گذار است (یانی و همکاران، ۱۹۹۶). نیتروژن از عناصر مهم و ضروری در تولید گیاهان زراعی می باشد (ورن، ۲۰۰۱). استفاده از کود نیتروژن موجب بروز مشکلاتی همچون آبشویی، آلوده شدن آب های زیرزمینی و سطحی و تجمع نیترات در بافت های گیاهی و انسانی می شود (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۵). حداکثر کارآمدی نیتروژن موقعی است که زمان و مقدار مصرف کود با نیاز گیاهان هماهنگ باشد (ریوز و رومروو، ۱۹۹۹). اگر نیتروژن در اختیار گیاه قرار نگیرد بوته ها کوتاه قد می مانند و در صورت ادامه این کمبود، برگ ها باریک و زرد می شوند (خدابنده، ۱۳۸۷).

۱-۶-۱- اثرات زیست محیطی کود شیمیایی نیتروژن

کاربرد بیش از حد کود های شیمیایی نیتروژن سبب بروز اختلالات فیزیولوژیکی در گیاه و موجب گسترش حشرات، عوامل بیماری زا و کنه می شود (ملکوتی، ۱۳۸۳). افزایش مقادیر مختلف کود نیتروژن ، میزان جذب عناصر معدنی همچون پتاسیم و فسفر را افزایش می دهد اما بایستی متذکر شد که میزان نیتروژن زیاد سبب تجمع نیترات در خاک می شود (غلامعلی زاده و همکاران، ۱۹۹۵). اگرچه کود های شیمیایی نقش موثری در تولیدات کشاورزی دارند اما سبب تخریب و کاهش کیفیت خاک مانند اسیدی شدن خاک (بلک و همکاران، ۱۹۹۹) و سخت شدن خاک می شوند (لای و همکاران، ۱۹۹۲). کارآیی نیتروژن در کشور های در حال توسعه و پیشرفته به ترتیب ۲۹ و ۴۲ درصد است و متوسط آن در دنیا ۳۰ درصد است (رون و جانسون، ۱۹۹۹). هدر رفت نیتروژن از طریق تصعید آمونیوم، آبشویی، نیترات زدایی و غیره است. این هدر رفت منحصرا موجب کاهش کارآیی نیتروژن نمی شود بلکه اثرات مخرب زیست محیطی را نیز به دنبال دارد (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۱).

۱-۷- کود های آلی

کود های حیوانی دو دسته هستند. کود هایی که از فضولات حیوانات در زیستگاهشان (دامداری ها و اصطبل ها) بدست می آیند. این دسته از کود های بیشترین مصرف کود آلی دنیا را به خود اختصاص می دهند و از اهمیت بسیاری برخوردارند. مواد خوراکی این کود ها می توانند به تدریج در خاک در دسترس قرار بگیرند. دسته دوم شامل لاشه یا قسمتی از بدن حیوان مانند استخوان، خون، مو و غیره می باشد.

فعالیت های صنعتی، کشاورزی و شهری سبب افزایش پسماند های آلی و مشکل در دفع این مواد شده است که در دراز مدت پیامد هایی را برای محیط زیست به دنبال دارد. بنابراین برای افزایش ماده آلی خاک می توان از این پسماند های آلی به نحو احسن استفاده کرد (زائری، ۱۳۸۰). یکی از راه های

رسیدن به کشاورزی پایدار استفاده از کود های آلی است. شارما و همکاران (۲۰۰۶) بیان کرده اند که مصـــرف تلفیقی کود های شـــیمیایی و آلی، روشـــی موثر برای حفظ و افزایش عملکرد محصـــولات کشاورزی است.

کود های آلی، حاصـلخیز کننده هایی هسـتند که شـامل بقایای حیوانی و جانوری و پسماند های شهری و بشر می باشند (هنریچ و همکاران، ۲۰۰۹). در واقع کود های آلی از بقایای جانوری و گیاهی، فاضلاب های شهری و ذغال سنگ های نارس تشکیل شده اند. منبع اصلی کود آلی، ذغال سنگ نارس اسـت که البته خود بر رشـد گیاهان اثر مستقیمی ندارد بلکه سبب اصلاح و بهبود خاک و جذب آب می شود. منبع حیوانی آن شامل خون حیوان، پودر استخوان، پوست و شاخ حیوان می باشد (هنریچ و همکاران، ۲۰۰۹). کود های مرغی نیز کود های آلی هسـتند که نتایج مثبتی را در وضـعیت و فعالیت های خاک نشان داده اند. مرکز تحقیقات کشاورزی آمریکا طی پژوهشی بر روی کتان، تحت تاثیر کود آلی مرغی بدین نتیجه رسـید که عملکرد کتان ۱۲ درصـد افزایش یافت (هنریچ و همکاران، ۲۰۰۹). کمپوست، هیومیک اسید، آمینو اسید و پسماند های گیاهی نیز جزء کود های آلی محسوب می شوند. بررسی ها نشان داده است استفاده از کود های آلی گیاهی سبب افزایش تدریجی عناصر خوراکی مانند نیتروژن به خاک و کاهش نیاز به کود نیتروژن، افزایش جذب هدایت آب، بهبود سـاختمان خاک می شـوند (آلگی، ۲۰۱۰). مشـخص شـده اسـت که اسـتفاده از کود های آلی و نیتروژن می توانند سبب افزایش کیفی خاک و در دسـترس قرار دادن نیتروژن برای گیاه شوند (پراساد، ۱۹۹۶). کود دامی نیز بر روی درجه حرارت و رطوبت خاک تاثیر گذار است. کود دامی موجب افزایش نگهداری رطوبت خاک شـده و این امر سـبب بهبود ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می شود. همچنین می تواند آب در دسـترس گیاه را افزایش دهد (کواروبیس و همکاران، ۱۹۹۵). کاربرد کود دامی می تواند سبب اصلاح خاکدانه و نرم شدن خاک شود و خصوصیت فیزیکی آن را بهبود بخشد. از طرفی با بهبود خصوصیت فیزیکی خاک، رشد محصول افزایش پیدا کرده و کارآیی مصرف آب بالا می رود (یونسی و

دانشـــیان، ۱۳۸۹). کود دامی می تواند علاوه بر نیتروژن مورد نیاز گیاهان، عناصـــری چون فســـفر و پتاسـیم را برای گیاهان تامین کند و موجب بهبود ویژگی های خاک شـود (پرات، ۱۹۸۲). آزاد سازی عناصـر در کود های آلی به آهستگی صورت می گیرد و آلودگی کمتری را در محیط زیست ایجاد می کند.

۱-۷-۱- نقش کود های آلی در محیط زیست و کشاورزی

بشـــر امروزه با چالش هایی همچون بیماری های متعدد، تخریب بوم نظام های طبیعی و آلودگی های زیسـت محیطی روبروسـت که ناشی از مصرف بی رویه کود های شیمیایی و روش های نادرست زراعی می باشد. محصولات خوراکی سالم و بهداشتی را می توان حاصل فرآیند هایی دانست که در آن از مواد شـیمیایی مختلف اسـتفاده نشده باشد یا حداقل کمتر استفاده شده باشد. مصرف کود دامی بر ویژگی هـای فیزیکی، شـــیمیـایی و بیولوژیـک خـاک مفیـد واقع شـــده و برآیند تاثیر کود دامی بر خصوصیات خاک سبب افزایش عملکرد تولیدات زراعی می شود (کوپر، ۲۰۰۰). بدون شک استفاده از کود هـای آلی، علاوه بر فوائـدی کـه برای خـاک دارنـد، در جنبه های اجتماعی، زیســـت محیطی و اقتصادی نیز سودمند می باشند (آگراما، ۱۹۹۶). کود های آلی در کشاورزی علاوه بر اینکه عملکرد را افزایش می دهند سبب کاهش اثرات استرس های محیطی می شوند. کود های دامی نه تنها ساختمان خاک را بهبود می بخشـند بلکه سبب نفوذ پذیری بیشتر آب و تهویه می شوند (حسن پناه و عظیمی، ۲۰۱۲). مصـرف کود دامی نه تنها سبب افزایش کربن خاک می شود بلکه می تواند جمعیت میکروبی خاک را افزایش دهد. برای نمونه، جانگید و همکاران (۲۰۰۸) نشان داده اند در مواردی که از کود آلی اسـتفاده می شـود، تنوع و جمعیت میکروبی بیشتر می شود. قابل توجه است که افزایش زیست توده میکروبی برای کیفیت خاک مثمرثمر بوده و نقش حیاتی در چرخه خوراکی خاک دارد. در نظام های کشاورزی پایدار، کمپوست و کود های آلی دیگر نقش مهمی در تولیدات گیاهی، کنترل آفات، بیماری ها و کیفیت خاک دارند (بارکر و برایسون، ۲۰۰۸).

۱-۸- گیاه زراعی سویا

سویا (*Glycine max* L) یکی از دانه های روغنی و از مهمترین گیاهان مناطق گرم به حساب می آید. اهمیت گیاه سویا به خاطر روغن و پروتئین بالای آن است (فتحی، ۱۳۸۷). روغن سویا برای خوراک انسان به صورت روغن مارگارین و روغن جامد مصرف می شود. همچنین از کنجاله سویا به عنوان منبع غنی از پروتئین برای مصارف دام استفاده می گردد.

۱-۸-۱- تاریخچه سویا

سویا یک گیاه زراعی است که ۲۸۰۰ سال پیش از میلاد در چین کشت شده است. این گیاه منبع غنی از روغن و پروتئین های گیاهی است و پروتئین آن با گوشت و فرآورده های لبنی و تخم مرغ قابل مقایسه است. کشور های تولید کننده اصلی سویا عبارت اند از آمریکا، برزیل، چین و آرژانتین. این چهار کشور اصلی تولید کننده سویا، روی هم ۹۰ درصد تولیدات جهانی سویا را دارا هستند (لطیفی، ۱۳۷۵). اگرچه کشت سویا در شرق به عنوان یک محصول اصلی به شمار می رود ولی اکنون تولید آن در آمریکای شمالی بیش از تولید آن در شرق می باشد (فتحی، ۱۳۷۸). ارقام این گیاه در سال های ۱۳۱۰ برای اولین بار و در سال های ۱۳۱۶ و ۱۳۱۸ از آسیای شرقی و آلمان به ایران آورده شد و از خود عملکرد مناسبی نشان داد (صدروی، ۱۳۸۲)

۱-۸-۲- اهمیت سویا

دانه های سویا حاوی ۱۸ تا ۳۰ درصد روغن و ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین می باشند. میزان درصد روغن و پروتئین تحت تاثیر شرایط محیط رشد، عملکرد و میزان تثبیت نیتروژن هوا یا نیتروژن خاک قرار می گیرد. روغن سویا ۲۰ تا ۲۵ درصد کل تولید روغن و چربی جهان و ۳۰ تا ۳۵ درصد روغن نباتی تولید شده در جهان را شامل می شود (امام و ثقه الاسلامی، ۱۳۸۴). پروتئین سویا بعد از پرتئین های حیوانی از اهمیت خاصی برخوردارند. از روغن استخراج شده دانه های سویا برای تهیه

روغن هیدروژنه، روغن مایع، مارگارین استفاده می شود و آنچه بعد از استخراج روغن باقی می ماند به صورت آرد سویا (حاوی پروتئین فراوان) مصرف می شود (مصطفویان، ۱۳۸۶).

۱-۸-۳- گیاه شناسی سویا

سویا گیاهی است یکساله از خانواده *Fabaceae* و زیر مجموعه خانواده پروانه آسا (*Papilionoideae*) و نوع زراعی آن با نام علمی (*Glycine max* L) شناخته می شود (مصطفویان، ۱۳۸۶). سویا دارای ارقام رشد محدود و نامحدود می باشد که در ارقام رشد محدود، رشد رویشی به هنگام شروع رشد زایشی متوقف می شود. ریشه سویا از یک ریشه اصلی و ریشه های فرعی تشکیل شده است و ریشه اصلی می تواند به عمق ۱/۵ متر نفوذ کند. رشد ریشه های فرعی تا موقع گل دادن ادامه دارد و بعد از آن کم و بیش متوقف می شود (کوچکی، ۱۳۷۵). گره بندی ریشه سویا شامل یکسری فعل و انفعالات شیمیایی بین گیاه و باکتری است. در حضور باکتری خصوصی، گره بندی سویا از ۹ روز بعد از کاشت ظاهر می شود و تثبیت نیتروژن ۲ هفته بعد شروع می شود و عمری ۶۵ روزه دارند (فتحی، ۱۳۷۸).

گیاه زراعی سویا یک ساقه اصلی استوار و کرک دار دارد. از گره پایین ساقه اصلی معمولا چند شاخه جانبی رشد می کند. ارتفاع ساقه در ارقام مختلف و با توجه به شرایط زیستی بین ۴۰ تا ۲۰۰ سانتی متر متفاوت می باشد.

سویا دارای چهار نوع برگ است که شامل لپه ها، برگ های اولیه تک برگچه ای، سه برگچه ای و برگچه های ضمیمه می باشد (لطیفی، ۱۳۷۲). در برخی ارقام برگ ها کرک دارند. برگ ها روی ساقه به صورت متناوب قرار گرفته اند و هر برگ مرکب معمولا از سه برگچه نسبتا بزرگ بیضی شکل تشکیل شده است.

گل آذین سویا به صورت خوشه ای می باشد و ممکن است شامل ۸ تا ۱۷ گل به رنگ سفید، بنفش و یا ارغوانی باشد (جعفری، ۱۳۸۳). ریزش گل ۲۰ تا ۸۰ درصد در مرحله زایشی اتفاق می

افتد، دلیل آن تعادل عناصر خوراکی و مواد فتوسنتزی در اندام های زایشی است. گل سویا با توجه به ساختمان خود، خودگشن بوده و درصد دگر گشنی آن بسیار پایین است (فتحی، ۱۳۷۸). گل ها در محل اتصال شاخه های فرعی تشکیل می گردند. تعداد گل در ارقام مختلف، متفاوت است.

میوه سویا نیام یا غلاف است که به صورت مجتمع به تعداد ۴ تا ۱۶ عدد بر روی ساقه های کوتاه دیده می شود. قهوه ای رنگ و کرک دار است. هر نیام حاوی ۲ تا ۴ دانه است (صدروی، ۱۳۸۲). دانه های سویا گرد و لوبیایی شکل بوده و ۵ تا ۱۰ میلی متر قطر دارند و به رنگ های سبز کم رنگ، زرد یا قهوه ای تیره و با سطح براق دیده می شوند.

۱-۸-۴- اکولوژی سویا

سویا، گرما دوست است و به نور و گرمای فراوان نیاز دارد. حداقل دمای رشد برای سویا ۱۰ درجه سانتی گراد و دمای ۲- سانتی گراد برای آن کشنده است. حداکثر دمای رشد سویا ۳۵ درجه سانتی گراد است. نیاز سویا به رطوبت خاک از شروع گلدهی تا شروع رسیدگی زیاد است. سویا به آب ایستادگی و علف های هرز حساس است. pH خاک خنثی و کمی اسیدی برای سویا مناسب است. سویا گیاهی روز کوتاه است که نسبت به طول روز حساسیت نشان می دهد. سویا گیاهی حساس به شوری، سله و تراکم خاک است، بنابراین خاک های سنگین و رسی را نمی پسندد. بهترین رشد آن در خاک های لومی شنی و لومی سیلت می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۳).

اهداف این پژوهش :

۱. بررسی تاثیر کود های بیولوژیک بر ترسیب کربن

۲. بررسی تاثیر کود های آلی و شیمیایی بر ترسیب کربن

۳. بررسی اثرات متقابل کود های شیمیایی، آلی و بیولوژیک بر ترسیب کربن

فصل دوم:

بررسی منابع

جان شاخه ایست میوه آن علم و فضل و رای در شاخه ای نگر که چه خوشرنگ میوه هاست

سر بی چراغ عقل گرفتار تیرگی است تن بی وجود روح پراکنده چون هباست

۲-۱- گرمایش زمین و گاز های گلخانه ای

دهه های اخیر، تغییرات آب و هوایی تشدید روز افزون داشته و مشکلات زیست محیطی مانند گرم شدن زمین، نابودی تنوع زیستی و کاهش منابع آب به یکی از مهمترین دغدغه های بشر تبدیل شده است. این بحران آنقدر گسترده شده است که بشر را وادار به پیدا کردن راهکاری برای جلوگیری گسترش این بحران کرده است. در طی سال های گذشته فعالیت های صنعتی، کشاورزی و شهری بشر موجب تغییراتی در اقلیم جهان گردیده که به دنبال آن ترکیبات شیمیایی اتمسفز نیز تغییر کرده است (شی و همکاران، ۲۰۰۹). عامل اصلی تغییر ترکیبات شیمیایی اتمسفر ناشی از افزایش انتشار بیش از حد گاز های گلخانه ای می باشند. این گاز ها شامل بخار آب، متان، دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن، کلروفلور کربن ها و ازون می باشد. در این میان دی اکسید کربن موثرترین گاز گلخانه ای معرفی شده (هینمن و همکاران، ۲۰۰۵) و اندازه گیری ها نشان می دهد که غلظت دی اکسید کربن از سه دهه اخیر تا کنون ۰/۴ درصد افزایش یافته است (آی پی سی سی، ۲۰۰۱). بررسی ها نشان می دهد که ۷۰ درصد از انتشار دی اکسید کربن به خاطر سوخت های فسیلی و تخریب جنگل ها می باشد (آی پی سی سی، ۱۹۹۹) و افزایش گاز های گلخانه ای در اتمسفر عمدتا ناشی از تغییر کاربری اراضی و سوخت های فسیلی می باشد. پیش بینی شده است در صورت تداوم انتشار گاز های گلخانه ای به اتمسفر تا ۱۰۰ سال دیگر، غلظت آن به دو برابر افزایش پیدا خواهد کرد (آی پی سی سی، ۲۰۰۱). اثر گاز های گلخانه ای عامل اصلی گرمایش زمین است و اگر این روند ادامه پیدا کند در آینده ای نزدیک، نظام های کشاورزی با بحران روبرو می شوند. بررسی های حاصل از آب شدن یخ های قطبی نشان می دهد که غلظت دی اکسید کربن نسبت به چند صد سال اخیر افزایش قابل توجهی داشته است (آی پی سی سی، ۲۰۰۱). افزایش غلظت گاز های گلخانه ای سبب بالا رفتن دمای زمین می شود که این پدیده را گرمایش جهانی می خوانند. پدیده گلخانه ای فرآیندی است که

شـامل جذب و انتشـار پرتو های مادون قرمز می باشد که توسط گاز های گلخانه ای صورت می گیرد (تیدال و همکاران، ۱۹۸۱). همچنین بیان شـده اسـت که از سال ۱۷۵۰ تا کنون گاز های گلخانه ای دی اکسـید کربن و متان به ترتیب ۳۶ و ۱۴۸ درصد افزایش پیدا کرده است (یی پی ای، ۲۰۰۷). در بیسـت سـال گذشته، سوخت های فسیلی بیش از ۷۵ درصد دی اکسید کربن موجود در جو را تولید کرده اند همچنین بعد از سـوخت های فسیلی، تخریب جنگل ها عاملی دیگر در انتشار این گاز ها می باشد (آی پی سی سی، ۲۰۰۱).

۲-۲- تغییرات اقلیمی تحت تاثیر گرمایش جهانی و گاز های گلخانه ای

گرم شدن سطح زمین موجب تبخیر آب شده و در عین حال ظرفیت نگهداری آب در هوا را افزایش می دهـد بنابراین بخار آب در هوا تجمع می یابد و توانایی بارش فراهم می گردد (سـاندرز، ۱۹۹۸). همچنین تغییر در الگوی بارش، کاهش حاصـلخیزی زمین، بالا آمدن سطح آب دریاها از جمله عمده ترین پیـامـد هـای گرمـایش زمین اسـت (کارل و همکاران، ۱۹۹۷). بخش زیادی از دلایل تغییرات اقلیمی، به فعالیت های صـنعتی و کشـاورزی و شهری ارتباط داده شده است و می توان به نمونه بارز آن، گاز های گلخانه ای اشاره کرد. تغییرات اقلیمی، کلیه بوم نظام های طبیعی را تحت تاثیر قرار می دهد و روی امنیت خوراکی و جوامع انسـانی اثرگذار خواهد بود (فیشر و همکاران،۱۹۹۴). بررسی ها نشان می دهد که عامل اصلی تغییرات اقلیمی، افزایش غلظت گاز های گلخانه ای به علت فعالیت های بشـر اسـت. این گاز ها نقش اسـاسی در جذب تشعشعات خورشیدی و گرمایش زمین دارند (آی پی سی سی، ۲۰۰۱).

۲-۳- نقش کشاورزی در تولید گاز های گلخانه ای

سـهم کشاورزی در تولید گاز های گلخانه ای، ۹ درصد گزارش شده است که ناشی از فعالیت های بشـر از قبیل تغییر کاربری اراضی، تخریب جنگل ها، استفاده بی رویه از کود های شیمیایی، دامداری

ها، شخم فشرده و غیره می باشد. کشاورزی در مقایسه با دیگر فعالیت های بشر سهم بزرگی در تولید و انتشار گاز های گلخانه ای را به خود اختصاص داده است (بت و همکاران، ۲۰۰۷). بررسی ها نشان می دهد بیش از ۲۵ درصد از دی اکسید کربن، ۵۰ درصد از متان و ۷۰ درصد از اکسید نیتروژن انتشار یافته به اتمسفر حاصل فعالیت بشر است (هاتچینسون و همکاران، ۲۰۰۷). استفاده از سوخت های فسیلی در کشاورزی و صنعت برق باعث انتشار گاز های گلخانه ای به اتمسفر شده است. انرژی های به کار برده شده در کشاورزی باعث افزایش آلودگی، تخریب زمین های کشاورزی و پایین آمدن سطح زندگی بشر گردیده است (اسن گان و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین حل بحران گاز های گلخانه ای برای فعالیت ها و تولیدات کشاورزی حائز اهمیت است (دو وی و همکاران، ۲۰۰۹). متوسط جهانی محتوای کربن آلی در لایه ۳۰ سانتی متری خاک حدود ۱۵ مگاگرم کربن در هکتار برآورد شده است. همچنین روش های نامناسب زراعی سبب آزاد سازی ۲۰ تا ۳۰ درصدی کربن ذخیره شده به اتمسفر شده است (دومانسکی و لال، ۲۰۰۴). بررسی ها نشان داده است که مصرف سوخت های فسیلی در بخش کشاورزی، به دلیل روش های مدیریتی نا مناسب همچون استفاده از کود های شیمیایی، خاک ورزی فشرده و غیره سبب خروج کربن و انتشار گاز های گلخانه ای متفاوت در بوم نظام های کشاورزی می شود (ردی و هوجز، ۲۰۰۰). بال و همکاران (۱۹۹۹) مشاهده کرده اند که با افزایش مصرف کود نیتروژن، مقدار انتشار گاز های گلخانه ای به اتمسفر افزایش می یابد. همچنین در مورد گاز دی اکسید کربن که از مهمترین گاز های گلخانه ای می باشد، دوبری و همکاران (۱۹۹۳) بیان کردند که بخش کشاورزی ۲۰- ۲۵ درصد از این گاز را تولید می کند. فعالیت های کشاورزی می تواند به عنوان انتشار دهنده و ذخیره کننده کربن در خاک عمل کند (وست و سیکس، ۲۰۰۷) اما این فعالیت ها بستگی به نوع مدیریت، اقلیم و وضعیت خاک دارد (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۷). مدیریت و عملیات مناسب زراعی توانایی ترسیب کربن از اتمسفر و تبدیل آن به فرم کربن آلی را دارد (جانسون و همکاران، ۲۰۰۷). از طرفی جانسون و همکاران (۲۰۰۷) بیان کرده اند که عملیات کشاورزی مناسب

مانند شـخم حداقل، مالچ و بجا گذاشـتن بقایای گیاهی همچنین کاربرد کود های آلی سـبب کاهش انتشـار گـاز هـای گلخـانه ای به اتمسـفر می شـود. فرآیند های بیوشـیمیایی درون خاک مانند دنیتروفیکاسـیون سبب انتشار گاز های گلخانه ای چون دی اکسید کربن و اکسید نیتروژن به اتمسفر می شود (برادی و وییل، ۲۰۰۲). کاربرد کود های نیتروژن اگرچه فراوانی این عنصر را در اطراف گیاه بیشـتر می کند اما سـبب انتشار بیشتر اکسید نیتروژن از طریق دنیتروفیکاسیون می شود (جانسون و همکاران، ۲۰۰۷). انتشار این گاز ها به زمان و چگونگی اجرای روش های عملیاتی بستگی دارد (گوگ لیو و همکـاران، ۲۰۱۳). برخی نیز بر این باورند که مهمترین عامل از دسـت دادن کربن آلی خاک تغییر کاربری اراضی است بنابراین بایستی با ارزیابی مقدار اتلاف کربن سعی به جبران آن کرد (شالپ و همکاران، ۲۰۰۸). در همین راستا جانسنز و همکاران (۲۰۰۳) بیان کرده اند که زمین های کشاورزی عامل اصـی انتشار کربن به اتمسفر هستند. اگرچه مقدار کربن آلی در مناطق گرم و خشک پایین می بـاشـد اما می توان با عملیات زراعی و مدیریت مناسـب به تدریج این کمبود را جبران کرد (آیفوم، ۲۰۰۹). از آنجا که مصـرف نهاده پر انرژی کود شیمیایی نیتروژن و خاکورزی فشرده در ایران بالا می باشـد بنابراین زمین های کشـاورزی، انتشـاردهنده گاز های گلخانه ای به اتمسـفر می باشـند. جهت مدیریت و کنترل بحران انتشـار گاز های گلخانه ای و تاثیر آن بر اقلیم (هانسـن و همکاران، ۱۹۸۱)، بایستی به چرخه کربن و تغییر در مدیریت های زمین های کشاورزی توجه کرد.

۲-۴- رشد و عملکرد گیاهان تحت تاثیر تغییرات اقلیمی

از گذشـته تاکنون پیشـرفت هایی در جهت رسیدن به عملکرد بیشتر محصولات حاصل شده است اما نمی توان از این حقیقت گذشت که فعالیت های کشاورزی وابسته به اقلیم است. فعالیت های بشر نیز همواره بر روند تغییرات اقلیمی سـرعت بخشیده است. از آنجا که دی اکسید کربن و درجه حرارت جزء عامل های رشـد و نمو گیاهان هسـتند (لامبرز و همکاران، ۲۰۰۸)، تغییر در این عوامل رشـد و عملکرد گیـاهان را تحت تاثیر قرار می دهد (سـالینگر، ۲۰۰۵). گیاهان زراعی واکنش خود را به گاز

های گلخانه ای از طریق فرآیند فتوسنتز و هدایت روزنه ای انجام می دهند و این واکنش اساس اثرات این گاز بر رشد و عملکرد گیاهان است (لونگ و همکاران، ۲۰۰۶) البته که سرعت و شدت این فرآیند به درجه حرارت بستگی دارد (پولی، ۲۰۰۲). در صورت افزایش هدایت روزنه ای تحت تاثیر دی اکسید کربن، تعرق گیاه کاهش می یابد، بنابراین در چنین شرایطی گیاه با صرف آب کمتر میزان فتوسنتز بالاتری خواهد داشت و از طرف دیگر بهبود کارایی مصرف آب سبب ذخیره بیشتر آب در خاک و تحمل به تنش های خشکی و گرما خواهد شد (کیمبل و برناچی، ۲۰۰۶). غلظت های بالای دی اکسید کربن می تواند اثرات مثبتی نیز بر رشد گیاهان داشته باشد از آنجا که گاردنر و همکاران (۱۹۸۵) بیان کرده اند مقدار دی اکسید کربن موجود در اتمسفر کمتر از حدی است که گیاهان سه کربنه به نقطه اشباع دی اکسید کربن برسند بنابراین افزایش غلظت دی اکسید کربن سبب افزایش تولید در گیاهان سه کربنه می شود. اما بایستی به این نکته توجه کردکه افزایش درجه حرارت ناشی از تغییر اقلیم سبب کاهش طول فصل رشد و تسریع در نمو گیاهان می شود. شاخص سطح برگ از جمله عواملی است که تحت تاثیر غلظت دی اکسید کربن قرار می گیرند و نتایج نشان داده است که با افزایش غلظت دی اکسید کربن شاخص سطح برگ افزایش یافته و سبب پیشرفت سریع گیاه در مرحله رویشی می شود (شهزنسکی و هیل، ۲۰۰۹). بررسی ها نشان داد که تغییر اقلیم می تواند شاخص سطح برگ و میزان جذب تشعشع خورشیدی را در گیاه کاهش دهد و در نتیجه رشد گیاه کاهش می یابد (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۶ الف و ب). فعالیت های کشاورزی نا مناسب سبب تغییرات اقلیمی و افزایش درجه حرارت می شود و در نتیجه منجر به کوتاه شدن فصل رشد گیاهان و کاهش حجم زیست توده گیاهی می شود (سوپیت و همکاران، ۲۰۱۰ ب). تنش گرما از دلایل مهم کاهش عملکرد، کاهش دوره نمو فنولوژی گیاه و به دنبال آن کاهش دوره جذب نور، فتوسنتز و در نهایت تجمع ماده خشک می باشد (بارنباس و همکاران، ۲۰۰۸). فرار و ویلیامز (۱۹۹۱) بیان کرده اند که افزایش درجه حرارت در گیاهان سبب افزایش تنفس گیاهی و در نتیجه کاهش عملکرد را به دنبال

دارد. آمثور (۲۰۰۱) بعد از مطالعه روی تاثیر دی اکسید کربن بر گندم بیان کرد در زمانی که مواد خوراکی و رطوبت کافی در در دسترس باشد، با دو برابر شدن غلظت دی اکسید کربن از ۳۵۰ تا ۷۰۰ ppm عملکرد گندم ۳۱ درصد افزایش می یابد. شواهد حاکی از آن است که افزایش دی اکسید کربن موجب کاهش کارایی فتوسنتزی می شود زیرا ذخیره مواد نشاسته ای کاهش می یابد و تجمع کربوهیدرات ها در برگ باعث اختلال در فعالیت های کلروپلاستی می شود (دی لوسیا و همکاران، ۱۹۸۵). بررسی ها روی گندم نشان می دهد افزایش غلظت دی اکسید کربن می تواند باعث کاهش یا افزایش نسبت های ریشه به اندام هوایی شود که این امر وابسته به مقدار مواد خوراکی و غلظت دی اکسید کربن در اطراف ریشه است (وولف، ۱۹۹۶). همچنین تحقیقات نشان می دهد که با بالا رفتن غلظت دی اکسید کربن، نسبت رشد اندام زیر زمینی به هوایی بیشتر شده است بنابراین از آنجایی که قسمت اقتصادی بیشتر گیاهان اندام هوایی می باشد، این امر باعث کاهش زیست توده اندام هوایی می شود (کیور و آکاک، ۱۹۸۶). تغییرات اقلیمی می تواند دوره رشد و میزان رقابت علف های هرز را با گیاهان زراعی تحت تاثیر قرار دهد و از آنجایی که بعضی از علف های هرز از طریق اندام زیر زمینی تکثیر می شوند، برای کنترل علف های هرز مشکل ساز خواهد بود. همچنین برخی مطالعات نشان داده است که تغییرات اقلیمی موجب رشد بهتر علف های هرز نسبت به گیاهان زراعی می شود (گیو و ژو، ۲۰۰۶). پاترسن (۱۹۹۵) بیان کرد که بالا رفتن غلظت دی اکسید کربن می تواند باعث تغییرات فنولوژی در گیاه شود. عوامل اقلیمی بر رشد و تولید گیاهان زراعی موثرند و این تغییرات در بارندگی و درجه حرارت بیشتر نمود پیدا می کند. کشاورزی یکی از بخش های مهم اقتصادی هر کشور است که می تواند تحت تاثیر عوامل اقلیمی و بحران قرار گیرد.

دوره تکثیر، شیوع آفات و بیماری ها می تواند تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرار بگیرند (گیو و ژو، ۲۰۰۶). مطالعات رزنویگ و همکاران (۲۰۰۲) نشان می دهد که تغییر اقلیم بر تکثیر و جمعیت آفات و بیماری ها اثر گذار است و خسارت های فراوانی را ایجاد کرده است به طوری که استفاده از آفت

کش و سموم شیمیایی بیشتر شده است. افزایش غلظت دی اکسید کربن بر کمیت و کیفیت زیست توده گیاهی اثر گذار است و باعث افزایش خسارت آفات و مصرف بیشتر سموم شیمیایی می شود. همچنین با افزایش غلظت دی اکسید کربن و درجه حرارت، سرعت تجزیه مواد آلی بالا می رود (شهزنسیکی و هیل، ۲۰۰۹) و آزاد سازی عناصر بویژه نیتروژن از خاک افزایش می یابد (اُلیسن و همکاران، ۲۰۰۴). با آزاد سازی نیتروژن در خاک، گیاه نمی تواند نیاز خود را تامین کند در نتیجه سبب کاهش عملکرد و آبشویی نیترات از خاک می شود و پیامد هایی مثل آلودگی زیست محیطی ایجاد خواهد کرد. بنابراین تغییرات اقلیمی می تواند اثر مستقیم و غیر مستقیم بر بخش کشاورزی یا رشد و عملکرد گیاهان داشته باشد.

۲-۵- نقش کربن و اهمیت آن

جزء اصلی ماده آلی کربن است. بالا بودن محتوای کربنی خاک سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب، حفظ زیست توده کربنی، فراهم کردن مواد خوراکی برای گیاه و کاهش آبشویی نیترات و سایر عناصر خوراکی می شود (فولت و همکاران، ۱۹۹۵). کربن آلی خاک ترکیبات پویایی (فعال) هستند که تحولات درونی و تبادلات خارجی با اتمسفر دارند (زانگ و ام سی گریس، ۲۰۰۴). افزایش کربن آلی خاک باعث تولید بیشتر محصولات (استیوسان و کل، ۱۹۹۹) و کاهش انتشار گاز های گلخانه ای به اتمسفر می شود (پُست و کان، ۲۰۰۰). وانگ و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که مقیاس و موقعیت جغرافیایی، اقلیم و مواد مادری بر روی مقدار مواد کربنی خاک تاثیر گذار است. برخی مطالعات نشان داده است که سرعت انتقال و تبدیل ماده آلی خاک تحت تاثیر عوامل بیولوژیکی و بیوشیمیایی هستند (پُست و کوان، ۲۰۰۰). بعضی تحقیقات (لال و کیمبل، ۱۹۹۷) نشان داده است که کربن آلی خاک در بوم نظام های زراعی نقش مفید و موثری روی حاصلخیزی خاک، خاکدانه بندی، پایداری خاک و تولید گیاهان ایفا می کند. عملیات کشاورزی همچون خاکورزی، مصرف کود، آبیاری و سایر فعالیت ها می تواند سبب افزایش یا کاهش کربن آلی خاک شود (اگل و همکاران، ۲۰۰۵).

کربن ورودی به خاک توسط زیست توده تولیدی، استفاده از کود و عملیات زراعی کنترل می شود. کاربرد حاصلخیز کننده به خاک سبب افزایش عملکرد گیاه و زیست توده آن می شود در نتیجه افزایش زیست توده، بقایای بیشتری از گیاه در خاک باقی می ماند و مقدار کربن و مواد آلی خاک را افزایش می دهد. به طور کلی کاربرد کود های آلی خصوصا کود دامی یا ترکیبی از کود های آلی و معدنی، مقدار ماده کربنی خاک را افزایش می دهد (کنگ و همکاران، ۲۰۱۰). زیست توده میکروبی جزئی از کربن آلی خاک است (هو و کائو، ۲۰۰۷). بررسی شده است که اکثر ریزموجودات خاکزی نسبت به تغییرات محیطی و خاکی حساسند (هرناندز و همکاران، ۱۹۹۷). مطالعات نشان می دهد که شدت و سرعت تجزیه در خاک های رسی به مراتب کمتر از خاک های شنی می باشد به این دلیل که ذرات آلی به کلوئید های رسی با قدرت بیشتری چسبیده اند و تبادل هوای کمتری در خاک های رسی صورت می گیرد.

افزودن کود بیولوژیک و بقایای گیاهی به خاک سبب فعالیت بیشتر ریزموجودات خاک می شود. بدین صورت افزایش ماده آلی به خاک سبب افزایش بیشتر جمعیت میکروبی و زیست توده کربنی خاک می شود (آلویر و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین بررسی ها نشان داده است (آجوا و همکاران، ۱۹۹۹) که عملیاتی چون خاکورزی، مصرف انواع کود ها، افزودن بقایای گیاهی و تناوب زراعی با تاثیر بر خصوصیات خاک می توانند بر تنوع و جمعیت میکروبی و فعالیت ریزموجودات در خاک موثر باشند.

۲-۶- راهکار های موثر برای ذخیره سازی کربن و ماده آلی خاک

ذخیره کردن و حفظ کربن در خاک می تواند از انتشار گاز های گلخانه ای به اتمسفر جلوگیری کند بنابراین عملیاتی که منجر به حفظ کربن در خاک می شود، غلظت دی اکسید کربن را نیز پایین می آورد. نتایج نشان داده است (لال، ۲۰۰۴) که عملیات خاکورزی فشرده، خارج کردن بقایای گیاهی از زمین های کشاورزی، فرسایش خاک و غیره محتوای کربن خاک را کاهش می دهد. بنابراین کاربرد روش های خاکورزی حفاظتی و برگرداندن بقایای گیاهی به خاک جهت رسیدن به محتوای کربنی،

بسیار مناسب است. همچنین در راستای رسیدن به پایداری در بوم نظام های کشاورزی، محققین بدین نتیجه رسیده اند که توانایی ترسیب کربن برای کاهش انتشار گاز های گلخانه ای و حفظ کربن درون خاک می تواند مثمرثمر باشد (دومانسکی و لال، ۲۰۰۴). همچنین نوع عملیات کشاورزی و روش های مدیریتی به نحوی بر محتوای کربن خاک تاثیر گذارند، در نهایت با کاربرد روش های مناسب زراعی بر توانایی ترسیب کربن خاک افزوده می شود (مک کانکی و همکاران، ۲۰۰۳).

توانایی ترسیب کربن می تواند ساختار خاک و حاصلخیزی خاک را افزایش دهد و محتوای کربنی خاک را بالا ببرد. ترسیب کربن در بوم نظام های تخریب شده نیز اثر مفید دارد و مزایای مثبت اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی خواهد داشت. همچنین حفظ کربن و مواد آلی در مناطق خشک و گرمسیری بسیار حائز اهمیت است. ار طرف دیگر توانایی ترسیب کربن در حاصلخیزی خاک و کاهش هزینه های نهاده در مناطقی که کشاورزی معیشتی دارند، می تواند از نظر اقتصادی برای خانواده کشاورزان به صرفه باشد (اُلسن و اُردو، ۲۰۰۲).

۲-۷- ترسیب کربن و اهمیت آن

ترسیب کربن به فرآیند مداوم حفظ و ذخیره سازی کربن در خاک (گیاهان و دریا) گفته می شود (هاچینسون و همکاران، ۲۰۰۷). ماده آلی خاک شامل دو بخش فعال و غیر فعال می باشد. قسمت فعال کربن به راحتی در اختیار ریزموجودات قرار می گیرد و بخش مهم از نظر ترسیب، بخش غیر فعال آن است. برآورد و ارزیابی چرخه و بیلان کربن در بوم نظام های زراعی یکی از روش های اصلی برای مشخص کردن منطقه، جهت منبع یا مخزن کربن است (توئین و کوچاریک، ۲۰۰۹). مقدار کربن آلی در خاک به توازن بین کربن تثبیت شده از طریق برگ ها طی فتوسنتز و خروج کربن طی تجزیه و تنفس ریزموجودات بستگی دارد.

بالا بودن مقدار کربن آلی برای بهبود حاصلخیزی خاک و رطوبت در بوم نظام های زراعی ضروری می باشد (گریس و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین اگر مقدار کربن ورودی به خاک افزایش یابد، نوسانات تغییرات کربن خاک کاهش می یابد (آندرون و کاترر، ۲۰۰۴). حفظ و افزایش کربن ورودی به خاک (ترسیب کربن) سبب بهبود حاصلخیزی خاک، تولید زیست توده گیاهی، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نهایت جلوگیری از فرسایش آبی و بادی خاک می شود. بین نظام های کشاورزی و نظام های طبیعی از نظر چرخه کربن و بیلان آن تفاوت هایی وجود دارد زیرا در نظام های کشاورزی ورود و خروج نهاده هایی همچون کود های آلی و معدنی بر مقدار کربن تاثیر گذار است. به عبارتی دیگر در نظام های کشاورزی علاوه بر خروج کربن طی فرآیند تنفس ریزموجودات، برداشت ، خارج کردن بقایای گیاهی و غیره نیز بر خروج کربن از خاک موثرند (گهرونگ و همکاران، ۲۰۰۹). میزان ذخیره سازی کربن (ترسیب کربن) در خاک با توجه به گونه نوع گیاه زراعی کشت شده، میزان بارندگی و رطوبت خاک، روش های احیای بستر متفاوت است و همچنین تحت تاثیر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی ، بیولوژیک خاک و شیوه مدیریت قرار می گیرد (درنر و همکاران، ۲۰۰۹).

امروزه تمایل برای حفظ و ذخیره سازی کربن در خاک های زراعی به منظور کاهش انتشار کربن و نیتروژن به اتمسفر، افزایش یافته است (ماندال و همکاران، ۲۰۰۷). به طور کلی با لحاظ کردن مقدار ورود و خروج کربن، مقدار کربن خاک و توانایی ترسیب کربن را می توان تعیین کرد. از طرف دیگر انتشار دی اکسید کربن به اتمسفر سبب خروج کربن از خاک می شود (سینگ و همکاران، ۲۰۰۹).

بررسی ها نشان می دهد (اسمیت و همکاران، ۱۹۹۶) که مدت زمان ذخیره سازی کربن متغیر بوده و به عواملی همچون نوع گیاه، میزان بقایای برگردانده شده به خاک، درجه حرارت محیط و عملیات زراعی بستگی دارد. نتایج بیانگر آن است که توانایی ترسیب کربن در مناطق گرمسیری به دلیل بالا بودن حجم ماده آلی همچنین مناسب بودن شرایط رشد، بالا می باشد (دومانسکی و

همکاران، ۲۰۰۴). ازطرفی مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل پایین بودن حجم ماده آلی خاک می تواند منبع انتشار گاز های گلخانه ای از جمله دی اکسید کربن باشد (لال و کیمبال، ۱۹۹۷).

اسمیت (۲۰۰۴) بیان کرد که راهکار ذخیره سازی کربن (ترسیب کربن) می تواند با کاربرد روش های مناسب مدیریت خاک دائمی باشد و از مقدار انتشار دی اکسید کربن به اتمسفر بکاهد. احیای خاک های تخریب شده، احیای زمین های باتلاقی و مدیریت بهتر خاک های زراعی می تواند حجم عظیمی (۴۰۰ تا ۹۰۰ میلیون تن متریک) کربن را در خاک ذخیره کند (پائوستین و همکاران، ۱۹۹۸). بدین ترتیب، بهبود مدیریت خاک های زراعی می تواند سبب شود که کشاورزی مخزنی برای گاز های گلخانه ای محسوب و انتشار آنها را کاهش دهد.

به طور کلی فرآیند حفظ و ذخیره سازی کربن (ترسیب کربن) در مناطق آب و هوایی مختلف مزایای بسیاری را برای کشاورزی و بوم نظام های زراعی بدنبال می آورد. مهمترین اثری که ترسیب کربن بر بوم نظام های کشاورزی و طبیعی دارد، کاهش انتشار گاز های گلخانه ای از جمله دی اکسید کربن به اتمسفر می باشد. ترسیب کربن می تواند به عنوان یک انرژی جایگزین مناسب و ارزان قیمت برای بوم نظام های زراعی معرفی گردد (لال، ۲۰۰۲).

۲-۸- نقش کود های بیولوژیک

استفاده از کود های بیولوژیک در کشاورزی از سال های قبل در کشاورزی مرسوم بوده ولی امروزه به دلیل افزایش جمعیت بشر، کود های شیمیایی جایگزین کود های زیستی شده است. بدون تردید مصرف بی رویه کود های شیمیایی برای رسیدن به حداکثر تولید، مشکلاتی را به همراه داشته است (دباغیان، ۱۳۸۸). براساس گزارش فائو بین ۴۰ تا ۶۰ درصد افزایش تولید محصولات کشاورزی مرهون مصرف کود های شیمیایی است (مرشدی، ۱۳۸۲). کود های شیمیایی پس از استفاده در زمین های زراعی، از شکل قابل استفاده گیاه به شکل دیگری تبدیل می شوند و از طریق آبشویی و غیره از زمین

خارج می شــوند (نیکولا و همکاران، ۲۰۰۶). کود های بیولوژیک ریزموجوداتی هســتند که می توانند عناصر خوراکی را برای گیاهان قابل دسترس کنند. هزینه تولید این کود ها بسیار کم و خسارت زیست محیطی ایجاد نمی کنند (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۴). در حال حاضـــر کود های زیســـتی جایگزین مناسبی برای کود های شیمیایی هستند (وو و همکاران، ۲۰۰۵).کاربرد ریزموجودات مفید خاکزی، به عنوان طبیعی ترین و مطلوب ترین راهکار برای زنده و فعال نگه داشتن نظام حیاتی خاک و جلوگیری از تخریب و آلودگی زیست محیطی مطرح است (درزی و همکاران، ۱۳۸۷).

کود های بیولوژیک شــامل یک یا چندین گونه مختلف ریزموجودات مفید خاکزی هســتند که می توانند شــرایط رشــد و نمو گیاهان و فراهم کردن عناصــر خوراکی را بهبود بخشند (خسروی، ۱۳۸۰). بنــابراین کود های بیولوژیک حاوی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن، آزاد زی و همیار، باکتری ها و قارچ های حل کننده فسفات، باکتری ها وقارچ های حل کننده گوگرد، قارچ های مایکوریزایی و غیره هســتند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). علاوه بر فرآهمی عناصر خوراکی به صورت طبیعی، کمک به حفظ تنوع زیســتی، فعالیت های حیاتی، بهبود کیفیت و بهداشت محیط زیست و حفظ منابع خاکی و آبی از مهمترین مزایای کود های بیولوژیک محسوب می شود. کلایتون و همکاران (۱۹۹۴) بیان کرده اند که اســتفاده از کود های زیســتی و آلی به عنوان جایگزین مناسب برای کود های شیمیایی، می تواند انتشار گاز های گلخانه ای به اتمسفر را کاهش دهد. بدین ترتیب، استفاده از کود های زیستی، مصرف سوخت های فسیلی ناشی از تولید کود های شیمیایی را کاهش می دهد.

۲-۸-۱- کود های زیستی تثبیت کننده نیتروژن (برادی رایزوبیوم) و کاربرد آن

از بین باکتری های تثبیت کننده نیتروژن برادی رایزوبیوم، سینورایزوبیوم، مزورایزوبیوم و رایزوبیوم ها می توانند با ۳۰۰۰ گونه بقولات رابطه همزیســتی برقرار کنند (پل، ۲۰۰۷). نیتراژین نخستین کود زیســتی اســت که در رابطه با نیتروژن بوده و حاوی باکتری رایزوبیوم اســت. این کود زیســتی ســابقه نزدیک به یک قرن دارد (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۴). این باکتری ها علاوه بر توانایی تثبیت نیتروژن،

سبب تولید مواد محرک رشد گیاهان و به دنبال آن افزایش جذب عناصر خوراکی و آب می شوند و این روش در افزایش عملکرد موثر است (تیلاک و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر این باکتری های مفید خاکزی قادرند ترکیبات ضد قارچی علیه بیماری های گیاهی تولید کنند و سبب بهبودی بنیه گیاه و تقویت جوانه زنی گیاه شوند (چن، ۲۰۰۶). قوش و موهیودین (۲۰۰۰) بیان کرده اند که مصرف کود های زیستی (باکتریایی) در ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در گیاه کنجد افزایش معنی دار داشته است.

ساهاران (۲۰۱۱) نشان داد که کاربرد باکتری موجب افزایش رشد، عملکرد، تعداد گره در ریشه و ارتفاع گیاه نسبت به گیاهان بدون تلقیح شد. این باکتری ها با ترشح هورمون های محرک رشد مانند جیبرلین، سیتوکنین و غیره سبب رشد گیاهان، جوانه زنی بذر ها و ریشه زایی می گردند. باکتری های رایزوبیوم در گیاهان موجب مقاومت گیاه به بیماری و تنش های محیطی مختلف می گردند. از جمله این تنش ها، تنش های خشکی، آبی و مقاومت به آفات و بیماری می باشند. گلیک و همکاران(۲۰۰۲) بیان کرده اند که با ایجاد حالت آنتی بیوز، تولید سیدوفور ها و تولید آنزیم های کیتیناز و گلوکوناز می توانند میزان فعالیت آفات، نماتد و عوامل بیماری زای گیاهی را کاهش دهند .

۲-۸-۲- نقش قارچ های مایکوریزا

خاک اطراف ریشه گیاهان، زیستگاه مناسبی برای فعالیت ریزموجودات می باشد. یکی از قدیمی ترین همزیستی بین ریشه گیاه و ریزموجودات، همزیستی مایکوریزایی است که از نظر کشاورزی و محیط زیست بسیار حائز اهمیت است (شارما، ۲۰۰۲). بنابراین از سال ۱۹۷۰ به بعد محققین متوجه اثرات مفید و مثبت این همزیستی شدند و تحقیقات بیشتری روی قارچ های مایکوریزا انجام دادند. قارچ مایکوریزا می تواند نوعی رابطه همزیستی با ریشه گیاهان ایجاد کند و به عنوان یک کود بیولوژیک، برای افزایش محصولات کشاورزی دارای اهمیت می باشد (میشرا، ۲۰۰۷).

یکی از شاخص های فعالیت مایکوریزا، میزان کلونیزاسیون سیستم ریشه‌ای توسط این قارچ‌ها می باشد که توسط عواملی از جمله خصوصیات ظاهری و ساختمانی سیستم ریشه، مقدار و کیفیت ترشحات ریشه، مصرف کودهای شیمیایی فسفر و غلظت‌های بالای عناصر سنگین تحت تأثیر قرار می‌گیرند (گاویتو و میلر، ۱۹۹۸). همزیستی مایکوریزا و ریشه، پل ارتباطی بین ریشه و خاک می باشد و گیاه را در جذب عناصر خوراکی و آب از خاک یاری می نماید (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰). برخی محققین نقش اصلی مایکوریزا را جذب فسفر از خاک دانسته اند (ریچاردسون و همکاران، ۲۰۰۷ ؛ بارا و همکاران، ۲۰۰۸) به طوری که ترشحات قارچی قادر است فسفر را محلول کرده و در اختیار گیاه قرار دهد (تاواریا و همکاران، ۲۰۰۶). بررسی ها نشان داده که قارچ های مایکوریزا با ترشح گلومالین که یک گلیکوپروتئین است، سبب خاکدانه بندی و بهبود ویژگی های خاک می شوند (وایت و یوپاد یایا، ۱۹۹۸). همچنین رلیگ و مومی (۲۰۰۹) بیان کرده اند که گسترش هیف ها و ترشح گلومالین عامل مهمی در پایداری خاکدانه است و موجب پایداری ساختمان و کیفیت خاک می شود. از آثار کاربرد قارچ‌های مایکوریزا خصوصاً در خاک‌هایی که حاصلخیزی آنها پایین است، افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد، بنابراین افزایش عملکرد به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ مسیلیوم قارچ در خاک و به دنبال آن دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک و عناصر خوراکی بستگی دارد (کارلینگ و برون، ۱۹۸۲). همچنین بولان (۱۹۹۱) گزارش کرده است که سرعت جذب آب و عناصر خوراکی در ریشه های همزیست شده با مایکوریزا نسبت به ریشه های غیر همزیست بیشتر است.

مطالعات نشان دادندکه گسترش شبکه های هیف قارچی می تواند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه مانند توانایی آب برگ، مقاومت برگ به تعرق، هدایت هیدرولیکی وغیره شود (آگ، ۲۰۰۴). پژوهشی در تاثیر تنش خشکی بر گیاه ذرت نشان داد که در حضور مایکوریزا وزن خشک ریشه و اندام هوایی افزایش یافت (فنگ و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش ظرفیت آب در خاک از جمله فوائد همزیستی

ریشــه ها با قارچ های مایکوریزا است (بث لنفِلوی و همکاران، ۱۹۹۹). ریشه های گیاهی و ریشه های موئین، مایکوریزا و شــبکه گســترده هیف اثرات مفید و قابل توجهی بر خصــوصــیات خاک و محتوای کربن آلی خــاک دارند (اُرتاس، ۲۰۰۲). ریســـه های مایکوریزا اهمیت زیادی در خاکدانه بندی، نفوذ پذیری و حفظ ماده آلی خاک دارند (میلر و جسترو، ۱۹۹۰). همچنین بیر دن و پترسن (۲۰۰۲) بیان کرده اند که مایکوریزا نقش مهمی در رســیدن به پایداری خاک و زمین های کشــاورزی ایفا می کند. علاوه بر این مــایکوریزا می تواند روی اکولوژی خاک، روابط خاکی و کنترل فرســـایش از روش بهبود خاکدانه بندی مفید و موثر باشد (اُرتاس، ۲۰۰۲).

قابل ذکر اســت که بهبود ســاختمان خاک، کیفیت خاک، دســترســی به عناصــر خوراکی، افزایش هدایت هیدورولیکی، حفظ رطوبت و غیره ســبب حفظ مواد کربنی خاک و به دنبال آن کاهش انتشار گاز های گلخانه ای به اتمسفر می شود که به تبع آن راه را برای رسیدن به کشاورزی پایدار هموارتر و آسان تر می کند.

۲-۸-۲-۱- عوامل موثر بر همزیستی مایکوریزا

با توجه به خصــوصــیات ظاهری و ساختمان ریشه ای، مقدار ترشحات ریشه ای، مقدار مصرف کود فســفر می توان به معیاری از فعالیت های مایکوریزایی پی برد که این معیار میزان کلونیزاسیون ریشه ای را مشــخص می کند (گاویتو و میلر، ۱۹۹۸). بررسی ها نشان می دهد که با کاربرد بیش از اندازه کود های شــیمیایی فســفره (فی و همکاران، ۱۹۹۶) و نیتروژن (الکســاندر و فییرلی، ۱۹۸۳) از میزان کلونیزاســیون ریشــه ای کاســته می شــود. همچنین برخی از بررســی ها نشان داد با کاربرد کود های شیمیایی، گونه های مایکوریزا واکنش های متفاوتی از خود نشان می دهند (هایمن، ۱۹۷۵). موبسر و همکاران (۲۰۱۲) بیان کرده اند که عملیات زراعی مانند اســتفاده بی رویه از کود های شیمیایی، آفت کش ها و قارچ کش ها اثرات منفی و مضــری روی قارچ های همزیســت دارند. کودهای زیســتی (کود بیولوژیــک) به مواد حاصـــل‌خیزکننده‌ای گفته می‌شـــود که دارای تعداد کافی از یک یا چند گونه از

ریزموجودات سودمند خاکزی هستند. کودهای زیستی، ریزموجوداتی هستند که قادرند عناصر خوراکی خاک را در یک فرایندزیستی به مواد مقوی همچون ویتامین ها و دیگر مواد معدنی تبدیل کرده و به ریشه خاک برسانند.

۲-۹- اهمیت کود های دامی

سالیان زیادی است که مصرف کود های دامی در فعالیت های کشاورزی اهمیت خاصی داشته و امروزه نیز می تواند جهت رسیدن به پایداری در کشاورزی نقش مهمی ایفا کند. کود دامی می تواند سبب بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک شود و برآیند تأثیرات کود دامی بر خصوصیات خاک باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶؛ کوپر، ۲۰۰۰). همچنین کود دامی درحفظ رطوبت و درجه حرارت خاک نیز مؤثر است. مصرف کود دامی باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین افزایش مقدار آب قابل دسترس برای گیاه می‌شود (کواروبیس و همکاران، ۱۹۹۵).

برای تولید کود های شیمیایی از انرژی فسیلی و منابع معدنی استفاده می شود که هر دو تجدید ناپذیر و برای محیط زیست مناسب نیستند. بنابراین برای رسیدن به کشاورزی پایدار و محیطی سالم بایستی از مصرف کود های شیمیایی کاست (پیمنتال، ۱۹۹۳). کود های دامی می توانند جایگزین مناسبی برای کود های شیمیایی باشند زیرا علاوه بر تامین عناصر مورد نیاز گیاه قادر به تامین عناصر ریز خوراکی نیز هستند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳).

استفاده از کود دامی سبب افزایش تخلخل خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و خاکدانه بندی خاک می شود. همچنین با افزایش حاصلخیزی خاک، عملکرد محصول را افزایش می دهد و راندمان مصرف آب بالا می رود (یوسفی و دانشیان، ۱۳۸۹). کود های دامی می توانند اکثر عناصر خوراکی را

برای گیاهان فراهم کرده و سبب بهبود خصوصیات خاک شوند (پرات، ۱۹۸۲) همچنین می توانند جایگزین مناسبی برای کود های شیمیایی گردند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳).

ملکوتی (۱۳۷۳) بیان کرد که مقدار مواد خوراکی و کیفیت کود دامی تحت تاثیر نوع حیوان، میزان پوسیدگی کود، خوراک دام و غیره قرار می گیرد. استفاده از کود دامی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک را بهبود می بخشد در نهایت عملکرد و رشد گیاهان افزایش پیدا می کند (کوپر، ۲۰۰۰). بررسی ها نشان می دهد که کاربرد کود گاوی به مدت ۵ سال در زمین های کشاورزی در مقایسه با زمین های تحت مدیریت کود معدنی نیتروژنه، موجب بهبود نیتروژن خاک و افزایش عملکرد ذرت شد (مائو و همکاران، ۲۰۰۸).

لائور (لوئر، ۱۹۷۵) بیان کرد که می توان با مصرف کود دامی در زمین های کشاورزی ۴۲ درصد نیتروژن، ۲۹ درصد فسفر و ۵۷ درصد پتاسیم را تامین کرد. این امر موجب افزایش عملکرد و رشد در گیاهان، کاهش مصرف کود های شیمیایی و کاهش تلفات عناصر و انتشار گاز های گلخانه ای به اتمسفر در بوم نظام های زراعی می شود. از اثرات مخرب کشاورزی متمرکز، کاهش حاصلخیزی خاک، تخریب ویژگی های فیزیکی خاک و افزایش فرسایش خاکی می باشد. کاربرد کود دامی می تواند بر افزایش مقدار مواد آلی خاک و کاهش مصرف کود های شیمیایی موثر باشد (جیوسکویانی، ۱۹۹۵). همچنین نتایج نشان داده است (سیسیل و تستر، ۱۹۹۰) استفاده از کود های آلی نظیر کود دامی سبب بهبود خصوصیات فیزیکی،شیمیایی و بیولوژیک، افزایش ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت تبادل کاتیونی،pH و افزایش مواد آلی خاک می گردند. مجیدیان و همکاران (۱۳۸۴) بررسی کرده اند که با افزایش کود دامی به خاک درصد تخلخل خاک و به دنبال آن تهویه خاک بهبود می یابد و مقدار کربن آلی خاک افزایش پیدا می کند. علاوه بر این مصرف کود گاوی وزن مخصوص ظاهری، ماده آلی و هدایت هیدرولیکی خاک را بهبود می بخشد (شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۱۰- کود های شیمیایی نیتروژن

نیتروژن جزء اصلی بعضی از ترکیبات مانند اسید نوکلئیک و پروتئین ها، آنزیم ها و غیره می باشد که در رشد و نمو گیاهان و جانوران موثر است. علاوه بر این نیتروژن یکی از اجزاء اصلی ساختار مواد آلی خاک می باشد که این مواد سبب بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش ظرفیت نگهداری آب می شود و نقش بسزایی را در حاصلخیزی خاک ایفا می کند (لوئیس، ۱۹۸۶).

امروزه کود ها برای دستیابی به حداکثر تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند. کود های شیمیایی بویژه نیتروژن به شدت بر رشد و عملکرد محصولات زراعی موثر می باشند (موردی، ۲۰۰۱). صرف نظر از اینکه کود های شیمیایی بخصوص نیتروژن سبب افزایش رشد و عملکرد محصولات می شوند، باید این موضوع را در نظر داشت که خسارت ها و صدمات زیادی را هم به خاک، ریزموجودات خاک و بوم نظام های زراعی وارد می کنند. کود های شیمیایی موجب شده اند که چرخه خوراکی خاک مختل شده و به نهاده خارجی وابسته شوند. همین وابستگی سبب کاهش پایداری در بوم نظام ها شده است (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷).

افزایش بیش از حد نیتروژن می تواند سبب کاهش نشاسته و ساکارز در برگ ها، پوسیدگی ریشه، کاهش جذب آهن، افزایش غلظت آبسزیک اسید، پیری زود رس و در نهایت جلوگیری از انتقال یون پتاسیم به روزنه ها شود (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۷۶). آلوده شدن آب های سطحی و زیر زمینی، آلودگی و انتشار گاز های مضر به اتمسفر، کاهش تنوع زیستی و کاهش عملکرد طبیعی بوم نظام های زیستی از اثرات منفی مصرف کود های شیمیایی به خصوص نیتروژن است (ونس، ۲۰۰۱). بررسی ها (الفادل و همکاران، ۲۰۰۹) نشان داده است از بین رفتن تنوع زیستی و کاهش جمعیت کرم های خاکی تحت تاثیر کود های شیمیایی نیتروژنه موجب کم شدن مواد آلی خاک و کم شدن ظرفیت آبی خاک گردیده، درنهایت خاک سفت شده و ترک می خورد. علاوه بر این مصرف زیاد کود های شیمیایی نیتروژن، افزایش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی و دنیتروفیکاسیون سبب خسارت های سنگینی به

محیط زیست می شود مانند افزایش نیترات در محصولات و آب های زیر زمینی، اسیدی شدن خاک و آب های سطحی و همچنین سبب افزایش انتشار گاز های گلخانه ای اکسید نیتروژن به اتمسفر می شود (جامی الاحمدی و همکاران، ۱۳۸۵). نتایج بررسی کمبل و همکاران (۲۰۰۱ب) بیانگر آن است که مصرف تلفیقی کود های شیمیایی با کود های آلی سبب افزایش توانایی ترسیب کربن در خاک می شود. محققین بیان کرده اند که کاربرد تلفیقی کود های معدنی و کود های آلی می توانند سبب افزایش عملکرد گیاه زراعی (کای و کین، ۲۰۰۶) و بهبود کربن آلی خاک شوند (کوکال و همکاران، ۲۰۰۹). اضافه کردن نیتروژن به شکل های آلی و شیمیایی به خاک موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می شود. نیتروژن در خاک تحت تاثیر فرآیند های بیولوژیک، شیمیایی و بیوشیمیایی قرار می گیرد و تغییرات مقدار نیتروژن در خاک بر برخی ویژگی های خاک مانند pH و EC اثر می گذارد. همچنین قادر است بر رسوب و محلول سازی عناصر کم مصرف اثر گذار باشد (مارچنر، ۱۹۸۶). میزان انتشار گاز های گلخانه ای اکسید نیتروژن تحت تاثیر مقدار و مدیریت نیتروژن در کانادا مورد بررسی و پژوهش قرار گرفت که نتایج نشان داد مصرف کود نیتروژن اثر معنی داری بر انتشار گاز اکسید نیتروژن دارد (پلستر و همکاران، ۲۰۱۱). افزایش مصرف کود های شیمیایی منجر به افزایش انتشار گاز های گلخانه ای به اتمسفر گردیده (دلال و همکاران، ۲۰۰۳) و بیشتر از ۵۰ درصد از نیتروژن مصرف شده از طریق فرآیند آبشویی و تصعید از دسترس گیاه خارج می شود (ورج و همکاران، ۲۰۰۷). فرآیند دنیتروفیکاسیون، عامل اصلی خروج N_2O از خاک است (دلال و همکاران، ۲۰۰۳).

فصل سوم:

مواد و روش‌ها

ای دوست بیا تا غم فردا نخوریم — وین یکدم عمر غنیمت شمریم

فردا که از این دیر فنا در گذریم — با هفت هزار سالگان سر بسریم

۳-۱- زمان، موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش

این تحقیق درسال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود واقع در یک کیلومتری شهر بسطام به اجرا درآمد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی شهرستان شاهرود در طول شمالی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد. ارتفاع شهرستان شاهرود از سطح دریا ۱۳۶۷ متر و ارتفاع محل اجرای آزمایش ۱۳۴۹ متر است. براساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شهرستان شاهرود، میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی گراد، میانگین بارندگی ۱۶۰ میلی متر در سال و رطوبت نسبی ۶۳ درصد می باشد.

۳-۲- خصوصیات خاک مزرعه

پیش از اجرای نقشه آزمایش و انجام عملیات آماده سازی به منظور تعیین بافت و وضعیت عناصر مصرفی خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری در چند نقطه از خاک محل کشت نمونه‌برداری انجام شد. از هر نقطه حدود یک کیلوگرم خاک برداشته و پس از اختلاط نمونه‌ها نهایتاً یک نمونه یک کیلوگرمی که دربرگیرنده کل نمونه‌ها بود به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول (۱) نمایان است.

جدول ۱- خصوصیات خاک مزرعه

پارامتر های اندازه گیری شده	مقدار	واحد
بافت خاک	لومی شنی	-
هدایت الکتریکی (EC)	۱/۲	دسی زیمنس بر متر
اسیدیته (pH)	۷/۷	-
رس	۲۰	درصد
سیلت	۴۲	درصد
شن	۳۸	درصد
کربن آلی	۰/۷۴	درصد
نیتروژن	۰/۰۶	درصد
نسبت کربن به نیتروژن خاک	۱۲/۳۳	-

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش

آزمایش به صـورت فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل، ریزموجودات همزیست در چهار سطح (عدم تلقیح ریزموجودات، برادی رایزوبیوم، مایکوریزا، کاربرد توام مایکوریزا + برادی رایزوبیوم) و نهاده خارجی (کود) در سه سطح (عدم کاربرد کود، کود شیمیایی نیتروژن، کود دامی) بوده است.

۳-۴- عملیات کشاورزی

۳-۴-۱- آماده سازی زمین

آماده ســـازی مزرعه تحقیقاتی در بهار ۹۳ انجام گرفت و توســـط فاروئر ردیف ها تعیین شـــدند. مســاحت کل مزرعه آزمایشــی ۹۰۰ متر مربع بود. هر تکرار شامل ۱۲ کرت و هر کرت شامل ۴ ردیف کاشــت با فواصــل ۶۰ ســانتی متر، طول ۶ متر و مســاحت هر کرت ۱۸ متر مربع در نظر گرفته شــد. فاصله روی ردیف ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر رعایت شد. مرز بین کرت ها با یک ردیف نکاشت مشخص شد.

۳-۴-۲- کاشت

در اردیبهشــت ماه ســال ۹۳ عملیات کاشت صورت گرفت. ابتدا کرت های معین شده با کود دامی (گــاوی) معــادل ۲۵ تن در هکتــار تیمار گردیدند. همچنین کرت های مورد نظر با ۲۰ گرم مایکوریزا *Glomus mosseae*[1] (۲ ســانتی متری زیر بذر ســویا) تیمار شــدند. بذر ها در ســایه و دور از آفتاب با برادی[2] رایزوبیوم(*Bradyrhizobium japonicum*) تلقیح شدند و در کرت های معین شده، کاشته شدند. رقم ســویا مورد اســتفاده DPX اســت که این رقم چند شــاخه و گل های ارغوانی رنگ دارد و از نظر مقاومت به تنش های محیطی و مقدار عملکرد مورد توجه کشاورزان و موسسات تحقیقاتی قرار گرفته است.

۳-۴-۳- داشت

اولین آبیاری روز کاشــت و آبیاری دوم ۷ روز بعد اعمال شــد. به منظور رســیدن به تراکم مناسب بوته در متر مربع، در مرحله ۲ تا ۶ برگی اقدام به تنک و حذف علف‌های هرز گردید. مبارزه با علف‌های

---

[1]- شرکت کلینیک گیاه پزشکی ارگانیک ، همدان (میزان همزیستی: ۸۰ ٪)

[2]- شرکت فناوری زیستی طبیعت گرا ، کرج

هرز توسط وجین دستی و با توجه به شرایط مزرعه هر دو هفته یکبار انجام گرفت.کرت های مورد نظر در آغاز رشد گیاه سویا با کود شیمیایی نیتروژن (۵۰ کیلوگرم در هکتار) تیمار شد.

۳-۵- نمونه برداری در طی فصل رشد

به منظور مطالعه و بررسی برخی خصوصیات رشدی گیاه سویا در طی فصل رشد ۵ مرحله نمونه برداری صورت گرفت. نمونه برداری اول در تاریخ ۱۳۹۳/۵/۲۷ انجام گردید و نمونه برداری بعد با فواصل ۱۴روز تا برداشت نهایی ادامه داشت. برای بررسی صفات مورد نظر از مرحله پنجم استفاده شد. درهر نمونه برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۲ بوته با احتساب نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت و یک ردیف کاشت از حاشیه‌ها، به طور تصادفی انتخاب شدند. سپس برگ و ساقه بوته‌ها در پاکت‌های کاغذی شماره‌گذاری شده قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل شدند. برای خشک کردن نمونه‌ها، در داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. توزین بوته‌ها با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ گرم صورت گرفت. همچنین نمونه برداری از خاک در مرحله انتهایی رشد انجام شد.

۳-۶- نمونه برداری کلروفیل

اندازه گیری کلروفیل در ۵ نوبت از تاریخ ۹۳/۵/۲۷ به وسیله دستگاه کلروفیل سنج (SPAD 502) شروع شد به صورتی که در یک زمان مشخص (۱۰ صبح)، در هر کرت یک بوته علامت گذاری شد و از هر بوته ۳ بار نمونه برداری انجام گرفت (هیسکاکس و ایسریل تام، ۱۹۷۹).

۳-۷- اندازه گیری سطح برگ

پس از نمونه برداری در مزرعه، برگ ها از ساقه جدا شدند و توسط دستگاه دلتا – تی (ساخت انگلستان)، موجود در دانشکده سطح برگ اندازه گیری گردید.

۳-۸- تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه

برای تعیین درصد همزیستی مایکوریزایی، مقداری از ریشه‌ها با قطر کمتر از یک میلی متر را جدا کرده و برای نگهداری آن از الکل ۵۰ درصد (اتانول) استفاده گردید. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها در محیط آزمایشگاه از روش تغییر یافته فیلیپس و هیمن (۱۹۷۰) استفاده گردید. ریشه‌ها را کاملا شسته و به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۱۰ درصد هیدروکسید پتاسیم (KOH) در دمای اتاق قرار داده شد. سپس ریشه‌ها و ظروف را سه بار کامل با آب مقطر شسته و جهت خنثی شدن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول HCl ۰/۱ نرمال قرار گرفتند. ریشه ها جهت رنگ آمیزی به مدت ۲۴ ساعت در محلول تریپان بلو (شامل ۲۲۵ میلی لیتر اسیدلاکتیک، ۳۵۰ میلی لیتر گلیسیرین، ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر، ۰/۶۵ گرم رنگ تریپان بلو) قرار گرفتند. بعد از رنگ‌آمیزی، نمونه ها در محلول گلیسیرین و اسید لاکتیک به نسبت مساوی نگهداری شدند تا رنگ اضافی ریشه ها خارج شود. ریشه های مویین به قطعات یک سانتی متری تقسیم شدند و در نهایت با میکروسکوپ مشاهده و درصد کلونیزاسیون ریشه از رابطه ی زیر محاسبه شد:

درصد کلونیزاسیون = (تعداد قطعات مشاهده شده/تعداد قطعات آلوده شده به مایکوریزا) ×۱۰۰

۳-۹- اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اُلسن

بعد از برداشت محصول، نمونه برداری خاک از عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری ناحیه توسعه ریشه جهت اندازه گیری فسفر خاک به روش (اُلسن، ۱۹۵۴) انجام شد.

- **عصاره گیری خاک**

مقدار ۴۲ گرم بی کربنات سدیم خالص ($NaHCO_3$) را در یک لیتر آب مقطر تازه حل کرده و با اضافه کردن سود یا اسید کلریدریک، pH آن در ۸/۵ تنظیم شد. جهت عصاره گیری خاک، ۰/۵ گرم پودر ذغال اکتیو عاری از فسفر را به ۱ گرم خاک الک شده افزوده و در ارلن مایر ۵۰ سی سی قرار داده شد. سپس ۲۰ میلی لیتر از محلول بی‌کربنات سدیم را به آن اضافه کرده و به مدت ۳۰ دقیقه در لرزشگر افقی با سرعت ۲۰۰ قرار گرفت. محلول بدست آمده را از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده و صاف شد.

- **تهیه محلول شیمیایی**

ابتدا ۱۲ گرم مولیبدات آمونیوم در ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد. سپس ۰/۲۹۱ گرم پتاسیم آنتیمونی تارتارات در۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد. ۷۴ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آرامی به ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید. سپس هر سه محلول را با هم مخلوط کرده و به حجم ۱ لیتر رسانده شد. محلول بدست آمده محلول شماره (۱) می‌باشد.

۱/۰۵۵۶ گرم اسید آسکوربیک در ۲۰۰ میلی لیتر از محلول شماره (۱) حل شد. محلول بدست آمده، محلول شماره (۲) می‌باشد.

میزان ۰/۶ میلی لیتر از محلول عصاره نمونه خاک و محلول‌های استاندارد، ۲ میلی لیتر آب مقطر و ۰/۶ میلی لیتر از محلول شماره (۲) را در کوت ریخته و بعد از مدت ۱۰ دقیقه رنگ آن ثابت شد.

سپس نمونه‌ها را در طول موج nm ۸۸۲ در دستگاه اسپکترو فوتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور انگلستان، قرار داده و عدد مربوط به هر تیمار قرائت شد.

- **تهیه محلول‌های استاندارد**

مقدار ۰/۴۳۹۴ گرم پتاسیم دی هیدروژن فسفات در ۱ لیتر آب مقطر حل شد. این محلول ppm ۱۰۰ فسفر می‌باشد. ۲ میلی لیتر از محلول ۱۰۰ppm فسفر را برداشته و به حجم ۲۰۰ میلی لیتر رسانده شد که این محلول ۱۰ppm فسفر می‌باشد. به ترتیب مقادیر ۱۰، ۲، ۱، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۲ از محلول ppm ۱۰ فسفر را برداشته و به حجم ۲۰ میلی لیتر رسانده شد. و بدین ترتیب غلظت فسفر را با استفاده از یک منحنی استاندارد تعیین شد.

۳-۱۰- اندازه گیری فسفر کل خاک به روش اُلسن و سومرز

- **تهیه عصاره خاک**

برای بدست آوردن فسفر کل خاک (اُلسن و سومرز، ۱۹۸۲) بایستی ۲ گرم از خاک مزرعه را در لوله های ۲۵۰ میلی لیتری دستگاه هضم ریخت. سپس ۲۰ میلی لیتر اسید نیتریک به این لوله ها اضافه نموده و در دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد قرار داد. اسید نیتریک سبب هضم و اکسیداسیون مواد آلی درون خاک می شود. هنگامی مواد آلی خاک اکسید می شود که رنگ تیره محلول رفع شود.

باید اجازه داده شود، محلول به آرامی خنک شود. مقدار ۳۰ میلی لیتر اسید پرکلریدریک به محلول اضافه می شود. دما را به ۲۰۰ درجه سانتی گراد رسانده و ۲۰ دقیقه حرارت داده شد. در پایان ۲۰ دقیقه مواد غیر قابل هضم به صورت شن سفید یا خاکستری رنگ در انتهای لوله رسوب می کند. محلول بایستی به آرامی خنک شود و بعد از خنک شدن مقدار ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر بدان اضافه

گردید. اسـید های بکار رفته بسـیار خطرناک و سمی می باشد و رعایت اصول ایمنی آزمایشگاه الزامی است.

- **تهیه محلول شیمیایی**

ابتدا ۱۲ گرم مولیبدات آمونیوم در ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر حل شـد. سپس ۰/۲۹۱ گرم پتاسیم آنتیمونی تارتارات در۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد. ۷۴ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آرامی به ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضـافه گردید. سـپس هر سه محلول را با هم مخلوط کرده و به حجم ۱ لیتر رسانده شد. محلول بدست آمده محلول شماره (۱) می‌باشد.

۱/۰۵۵۶ گرم اسـید آسـکوربیک در ۲۰۰ میلی لیتر از محلول شـماره (۱) حل شد. محلول بدست آمده، محلول شـماره (۲) می‌باشـد. میزان ۰/۶ میلی لیتر از محلول عصـاره نمونه خاک و محلول‌های اسـتاندارد، ۲ میلی لیتر آب مقطر و ۰/۶ میلی لیتر از محلول شماره (۲) را در کوت ریخته و به مدت ۱۰ دقیقه زمان نیاز اسـت تا رنگ آن ثابت شـود. سـپس نمونه‌ها را در طول موج nm ۸۸۲ در دستگاه اسـپکترو فوتومتر مدل Jenway 6305 سـاخت کشـور انگلسـتان، قرار داده و عدد مربوط به هر تیمار قرائت شد.

۳-۱۱- اندازه گیری کربن آلی خاک به روش والکی بلاک

روش مورد اسـتفاده در اندازه گیری کربن آلی خاک، روش والکی بلاک بود (نوسـتو و همکاران، ۲۰۰۶) کـه خـاک را بـا اسـیـد سـولفوریک غلیظ و بی کرومات مخلوط کرده، بعد از اتمام واکنش اکسیداسیون و احیاء، زیادی بیکرومات باقی مانده با آمونیوم سولفات تیتر شد.

- **محلول های لازم:**

۱. بی کرومات پتاسـیم ۱ نرمال: مقدار ۴۹/۰۴ گرم بی کرومات پتاسـیم را با ترازوی حسـاس توزین کرده و پس از حل نمودن در بالن ژوژه به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

۲. اسید سولفوریک غلیظ ۹۶ درصد

۳. فروآمونیوم سولفات ۰/۵ نرمال : مقدار ۱۹۶/۰۸ گرم فرو آمونیوم سولفات را توزین کرده و در بالن یک لیتری حل شد. مقدار ۱۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه و به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

۴. معرف ارتوفنانترولین فرو ۰/۰۲۵ ملکول گرم در لیتر : مقدار ۱۴/۸۵ گرم ارتوفنانترولین منوهیدرات را به مقدار ۶/۹۶ گرم سولفات فرو اضافه نموده و بعد از حل شدن به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

- **روش کار :**

نمونه برداری خاک از عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری اطراف ریشه صورت گرفت. ۱۰ گرم خاک را کوبیده و از الک نیم میلی لیتری عبور داده شد. به ۱ گرم خاک (اگر میزان کربن آلی بیش از ۲/۵ درصد باشد باید خاک کمتری وزن شود) مقدار۱۰ میلی لیتر بی کرومات پتاسیم اضافه شده و به آرامی تکان داده شد تا حل گردد. ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به طور مستقیم به محلول اضافه کرده و تکان داده شد و ۲۰ دقیقه محلول را رها کرده تا خنک شود. ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و بعد ۱۰ قطره معرف ارتوفنانترولین به آن اضافه گردید که در انتها با فرو آمونیوم سولفات تیتر شد. هنگامی که محلول قرمز تیره شد عدد یادداشت گردید .

$$\%OC = M \times 0.39 \times [(V_1 - V_2)/S]$$

M= نرمالیته فرو آمونیوم سولفات ،V_1= میلی لیتر فرو آمونیوم سولفات مصرفی برای بلانک، V_2= میلی لیتر فروآموینوم سولفات مصرفی برای نمونه، S= وزن خاک خشک شده در هوای آزاد

۳-۱۲- اندازه گیری ترسیب کربن خاک

برای تعیین میزان ترسیب کربن، ابتدا وزن مخصوص ظاهری خاک بدست آورده شد و سپس درصد کربن آلی از روش والکی بلاک تحصیل گردید(نوستو و همکاران، ۲۰۰۶). در پایان برای محاسبه میزان ترسیب کربن بر حسب گرم در مترمربع از رابطه زیر استفاده شد.

$$C = (BD \times E \times H)/10000$$

C= کربن ترسیب شده ، BD= درصد کربن اندازه گیری شده ، E= وزن مخصوص ظاهری خاک

H= عمق خاک نمونه برداری شده

۳-۱۳- اندازه گیری ترسیب کربن در زیست توده گیاهی

برای محاسبه میزان ترسیب کربن در زیست توده گیاهی پس از خشک کردن اندام گیاهی در اتوکلاو، وزن شد، سپس آسیاب گردید و در کوره ۵۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفت. در نهایت با تعیین وزن خاکستر و با در دست داشتن وزن اولیه میزان مواد آلی نمونه ها میزان ترسیب کربن در زیست توده به صورت زیر محاسبه شد.

$$OC = 0.54 \times OM$$

OC = کربن آلی OM= مواد آلی

۳-۱۴- تعیین نیتروژن کل خاک به روش کجلدال

مقدار نیتروژن کل طبقات زیرین خاک کمتر ۰/۰۲ درصد و در زمین های تحت کشت بین ۰/۰۶ تا ۰/۵ درصد و در پیت بیشتر از ۲/۵ درصد می باشد. روش توصیه شده برای اندازه گیری نیتروژن کل روش کجلدال (برمنر و مولوانی، ۱۹۸۲) با هضم تر می باشد. در روش کجلدال نیتروژن آلی در اثر حرارت و اسید سولفوریک و کاتالیزور تبدیل به NH_4-N می شود. اضافه نمودن سولفات پتاسیم و سولفات سدیم برای بالا بردن درجه حرارت، در حین هضم نمونه و اضافه نمودن سلنیوم و مس برای تسریع در اکسیداسیون مواد آلی می باشد.

- **مواد شیمیایی مورد نیاز :**

۱.مخلوط کاتالیست سولفات پتاسیم : ۲۰۰ گرم سولفات پتاسیم ، ۲۰ گرم سولفات مس و ۲ گرم سلنیوم، جداگانه توزین و بصورت پودر درآمد و مخلوط شد.

۲.اسید سولفوریک غلیظ

۳.سود (NaOH) ۱۰ نرمال : مقدار ۴۰۰ گرم سود در بشر ۱ لیتری ریخته شد. سپس بشر در زیر هود قرار گرفت و به آن ۸۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید و بعد از سرد شدن به بشر ۱ لیتری منتقل و به حجم رسانده شد (دور از هوا و دی اکسید کربن باشد).

۴.مخلوط معرف : ۰/۱۲ گرم متیل رد و ۰/۲ گرم بروموکروزل گرین در ۲۰۰ میلی لیتر اتانول ۹۶ درصد.

۵.محلول اسید بوریک ۱ درصد و معرف : ۱۰ گرم اسید بوریک را در ۹۰۰ میلی لیتر آب مقطر داغ حل شد و پس از خنک شدن ۲۰ میلی لیتر معرف به آن را اضافه و به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

۶.استاندارد اسید سولفوریک یا کلریدریک ۰/۰۱ نرمال.

- **روش کار**:

۱ گرم خـاک را کوبیده و از الک نیم میلی متری عبور می دهیم. در داخل لوله های هضـــم ریخته، ۱/۱ گرم مخلوط کاتالیست به آن اضافه می کنیم تا مخلوط گردد. سپس ۲ میلی لیتر آب مقطر و ۳ میلی لیتر اسـید سـولفوریک غلیظ به آن اضـافه می کنیم. نمونه ها را روی اجاق برقی قرار داده و دما را تا ۳۷۰ درجه به تدریج افزایش می دهیم تا نمونه ها شـفاف شـود. بعد از خنک شـدن عصـاره ها هر نمونه را در داخل لوله مخصوص دستگاه کجلدال (Gerhardt آلمان) ریخته و دسـتگاه شـروع به اضـافه کردن محلول به صورت خودکار و تنظیم شده می کند. اسید بوریک به مقدار ۱۶ میلی لیتر، سـود و آب مقطر به مقدار ۲۸ میلی لیتر به عصـاره اضـافه می شـود. بعد از اتمام کار دسـتگاه محلول بدست آمده را با استاندارد اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال تیتر می کنیم. محلول از سبز به قرمز تغییر رنگ می دهد.

$$\%N = [(a-b)/S] \times M \times 1.4 \times mcf$$

a= میلی لیتر اسـید سـولفوریک مصـرفی برای نمونه، b= میلی لیتر اسید سولفوریک مصرفی برای بلانک، S= وزن خاک خشـک شـده در هوای آزاد، M= نرمالیته اسـید سـولفوریک، mcf= (۱۰۰ + رطوبت٪ تقسیم بر ۱۰۰).

۳-۱۵- اندازه گیری نیترات خاک

مقدار ۱۰ گرم خاک مرطوب، در داخل تیوب ۵۰ میلی لیتری ریخته شـــد و مقدار ۲۵ میلی لیتر KCL ۲ مولار (۱۴۹/۱۲ گرم KCL در یک لیتر آب) اضافه گردید. سپس تیوب در یک لرزشگر افقی به مدت ۳۰ دقیقه با سـرعت ۲۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت. تیوب داخل دسـتگاه سـانتریفیوژ با سرعت

۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه قرار داده شد. پس از ته نشین شدن ذرات خاک مایع شفاف بالای تیوب استفاده می گردد.

- **برای اندازه گیری نیترات خاک، از محلول های زیر استفاده گردید:**

محلول ۱ مولار اسید کلریدریک، محلول (شماره ۱) حاوی ۵۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۱ مولار + ۰/۴ گرم وانادیوم کلراید (احیا کننده)، محلول (شماره ۲) ۰/۲ گرم سولفانیلامید + ۰/۰۱ Ned + ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر.

محلول شماره ۱ با محلول شماره ۲ مخلوط شدند. در مرحله بعد با استفاده از سمپلر، ۶۰۰ میکرولیتر از عصاره خاک و ۲۹۵۰ میکرولیتر از محلول شماره ۱و۲ به هر کوت منتقل گردید. کوت ها به مدت یک شب در محیط آزمایشگاه و زیر هود قرار گرفت و بعد از کامل شدن رنگ ارغوانی با دستگاه اسپکتوفتومتر jenway 6305 روی طول موج ۵۴۰ نانومتر خوانده شد (میراندا و همکاران، ۲۰۰۱).

- **تهیه استاندار های لازم برای اندازه گیری نیترات خاک:**

بدین منظور ابتدا محلول ppm ۱۰۰ نیتروژن (استاندارد) تهیه شد.

محلول استاندارد برای اندازه گیری نیترات خاک : ۷۲۲ میلی گرم از KNO_3 در یک لیتر HCL ۲ مولار.

با توجه به داده های استاندارد بایستی نمودار خطی و فرمول خطی را در نرم افزار اکسل بدست آورد و اعداد را در فرمول جاگذاری و محاسبه کرد.

جدول ۲- محلول های استاندارد برای اندازه گیری نیترات خاک

محلول استاندارد (PPM)	روش تهیه
۵۰	۲/۵ میلی لیتر از ۱۰۰ پی پی ام در ۲/۵ میلی لیترKCL ۲ مولار
۲۰	۱ میلی لیتر از ۱۰۰ پی پی ام در ۴ میلی لیتر KCL ۲ مولار
۱۵	۷۵۰ میکرولیتر از ۱۰۰ پی پی ام در ۴/۲۵میلی لیتر KCL ۲ مولار
۱۰	۱ میلی لیتر از ۱۰۰ پی پی ام در ۹ میلی لیتر KCL ۲ مولار
۸	۸۰۰ میکرولیتر از ۱۰۰ پی پی ام در ۹/۲ میلی لیتر KCL ۲ مولار
۵	۵۰۰ میکرولیتر از ۱۰۰ پی پی ام در ۹/۵میلی لیتر KCL ۲ مولار
۲	۲۰۰ میکرولیتر از ۱۰۰ پی پی ام در ۹/۸میلی لیتر KCL ۲ مولار
۱	۱۰۰ میکرولیتر از ۱۰۰ پی پی ام در ۹/۹میلی لیتر KCL ۲ مولار
۰/۵	۲/۵ میلی لیتر از ۱ پی پی ام در ۲/۵ میلی لیترKCL ۲ مولار
۰/۲	۱ میلی لیتر از ۱ پی پی ام در ۴ میلی لیتر KCL ۲مولار
۰/۱	۱ میلی لیتر از ۱ پی پی ام در ۹ میلی لیتر KCL ۲ مولار
۰/۰۵	۵۰۰ میکرولیتر از ۱ پی پی ام در ۹/۵ میلی لیتر KCL ۲ مولار
۰/۰۲	۲۰۰ میکرولیتر از ۱ پی پی ام در ۹/۸ میلی لیتر ۲KCL مولار
۰/۰۱	۱۰۰ میکرولیتر از ۱ پی پی ام در۹/۹ میلی لیترKCL ۲ مولار

۳-۱۶- اندازه گیری تنفس میکروبی پایه به روش آندرسون

تنفس میکروبی یا معدنی شـــدن کربن آلی به CO_2، شـــاخص مهمی در ارزیابی فعالیت جمعیت میکروبی کل می باشـد (آندرسـون، ۱۹۸۲). تنفس میکروبی نه تنها مشـخص کننده وضـعیت فعالیت ریزموجودات می باشـد بلکه مشخص کننده روند، تعادل و چگونگی تجزیه ماده آلی، فعالیت آنزیمی و چرخه بعضی عناصر هم می باشد. برای اندازه گیری تنفس از روش آندرسون استفاده شد.

۲۰ سی سی از محلول هیدروکسید سدیم (۲ گرم در یک لیتر آب مقطر) را در ظروف آزمایشگاهی ریخته و بر روی خاک قرار گرفت. ظرف هایی با ابعاد مشخص به روی آن گذاشته و به مدت ۲۴ ساعت در محل معین قرار داده شـد. بعد از ۲۴ سـاعت محلول NaOH را از داخل مزرعه برداشته و به آن ۲ میلی لیتر کلرید باریوم(۱۰/۴ گرم در ۱۰۰ سی سی آب مقطر) اضافه شد تا محلول رسوب کند. چند قطره فنل فتالئن به آن اضافه گردید، محلول ارغوانی رنگ می شود. در نهایت با اسید HCl تیتر شده تا رنگ محلول سفید رنگ گردد. سپس میزان اسید مصرفی یادداشت شد.

$$BR = \frac{(v_b - v_s) \times 2/2}{A}$$

که در آن BR تنفس خاک (mg CO2-C g-1 day-1)، V_b حجم اسـید کلریدریک مصـرفی برای هر نمونه شـاهد، V_s حجم اسید کلریدریک مصرفی برای هر نمونه، A سطح خاک تنفس کننده در مزرعه و ۲/۲ فاکتور تبدیل (یک میلی لیتر HCL ۰/۱ نرمال معادل ۲/۲ میلی گرم CO_2 است) می باشد.

۳-۱۷- کربن زیست توده میکروبی(MBC)

برای اندازه گیری کربن زیست توده میکروبی از روش تدخین – استخراج استفاده شد (جکینسون و لد، ۱۹۸۱). بدین ترتیب ۱۰ گرم از هر نمونه خاک با کلروفرم (بی هوش کننده و خطرناک) به مدت ۲۴ ساعت گازدهی و با محلول سولفات پتاسیم ۰/۵ مولار، استخراج شد. خاک تدخین شده (۱ قسمت) با محلول سولفات پتاسیم (۵ قسمت) مخلوط شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه با تکان دادن صاف شد. مقدار کربن آلی در عصاره ها اندازه گیری گردید. همین روش برای نمونه های بدون گازدهی نیز انجام شد. برای اندازه گیری کربن آلی، ۵ میلی لیتر عصاره نمونه را برداشته و ۱۰ میلی لیتر بی کرومات پتاسیم ۱ نرمال و ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه و بعد از ۲۰ دقیقه خنک شد. مقدار ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۱۰ میلی لیتر ارتوفسفریک غلیظ به هر نمونه اضافه شد. ۰/۳ میلی لیتر شناساگر ارتوفنانترولین به هر نمونه اضافه گردید و در نهایت تیتراسیون با فرو آمونیوم سولفات انجام شد.

$$MBC = KC(FC - uFC)$$

که در آن MBC کرین زیست توده کربنی(mg g-1)، FC کربن معدنی شده در حضور گاز کلروفرم(mg g-1)، uFC کربن معدنی شده بدون حضور گاز کلروفرم(mg g-1) و KC ضریب بازیافت (برای تبدیل کربن آلی به میکروبی) که معادل ۲/۶۴ می باشد.

۳-۱۸- اندازه گیری EC و pH عصاره خاک

ابتدا سوسپانسیونی با نسبت ۱ به ۲/۵ (خاک به آب) تهیه گردید. سپس به مدت ۹۰ دقیقه بر روی دستگاه لرزشگر قرار داده شد. از محلول حاصل شده عصاره گیری کرده و از عصاره بدست آمده EC و pH را با استفاده از دستگاه EC متر و pH سنج اندازه گیری گردید.

۳-۱۹- اندازه گیری سایر پارامتر های خاک اولیه

اندازه گیری بافت خاک (جی و بادر، ۱۹۸۶)، ظرفیت تبادل کاتیونی (ردوز، ۱۹۸۲)، کربن آلی و نیتروژن کل خاک طبق روش های نام برده شده، توسط دستگاه های ارزیابی عنصر اندازه گیری گردید.

۳-۲۰- ارزیابی و بررسی آماری داده ها

ارزیابی داده های آزمایشی با استفاده از نرم افزار MSTAT-c انجام شد. برای رسم شکل ها از نرم افزار Excel استفاده شد و مقایسه میانگین ها با آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) و در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام گرفت.

فصل چهارم:

نتایج و بحث

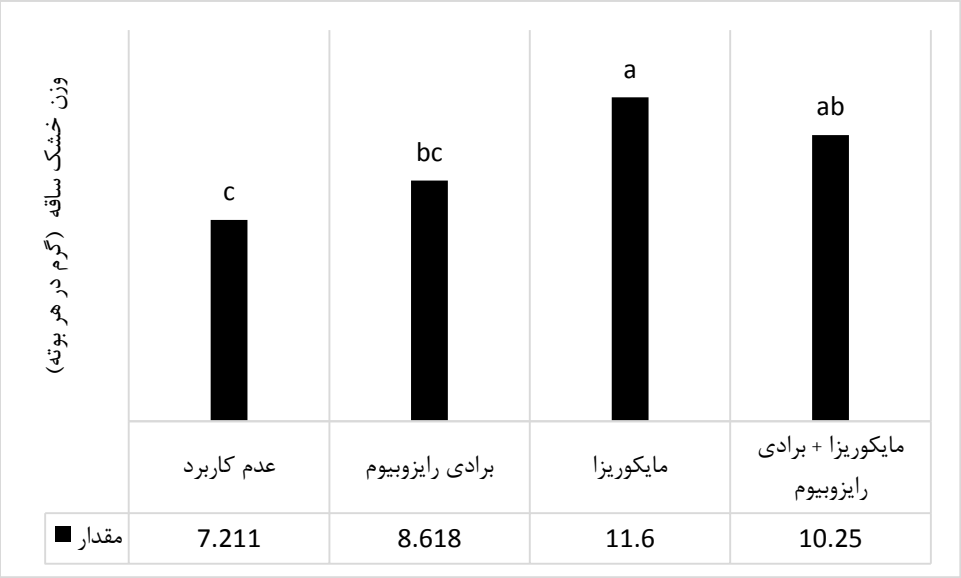
ای دل غم این جهان فرسوده مخور　　بیهوده نئ غمان بیهوده مخور

چون بوده گذشت و نیست نابوده پدید　　خوش باش غم بوده و نابوده مخور

۴-۱- وزن خشک برگ و ساقه

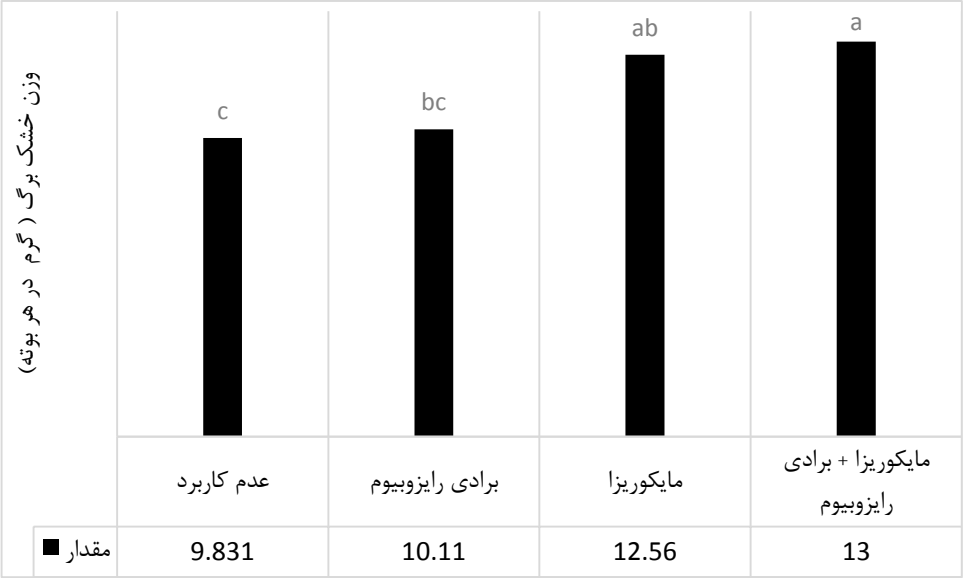
نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایشی جدول (۱) نشان داد که اثر تیمار ریزموجوات همزیست آزمایشی بر وزن خشک برگ و ساقه معنی دار شد. در وزن خشک برگ، اثر تیمار های ریزموجودات همزیست در سطح ۵ درصد معنی دار گردید و اثر تیمار های ریزموجودات همزیست در سطح ۱ درصد معنی دار شد. شکل (۴-۱) نشان می دهد که مصرف مایکوریزا به تنهایی و توام با برادی رایزوبیوم افزایش معنی داری در وزن خشک ساقه گیاه سویا داشت. در حالیکه بین تیمار های برادی رایزوبیوم و عدم مصرف کود بیولوژیک اختلاف معنی داری وجود نداشت. تیمار های مایکوریزا و مایکوریزا + برادی رایزوبیوم نسبت به شاهد ۶۰ ٪ و ۳۴ ٪ افزایش داشت.

از شکل (۴-۲) نیز چنین مشاهده می شود که تیمار برادی رایزوبیوم + مایکوریزا و مایکوریزا افزایش معنی داری در وزن خشک برگ داشته و نسبت به شاهد ۶۰ ٪ افزایش دارد. اما در بین تیمار های برادی رایزوبیوم و شاهد اختلاف معنی داری وجود ندارد. افزایش جذب فسفر از طریق مایکوریزا، گره زایی به وسیله برادی رایزوبیوم را افزایش داده و دسترسی گیاه به نیتروژن را افزایش می دهد (لکبرگ و کاید، ۲۰۰۵). همچنین تحقیقات دیگر نشان می دهند که ریزموجودات همزیست می توانند نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار دهند و در نتیجه رشد گیاه و وزن خشک اندام گیاهی افزایش یابد (گووینداراجلو و همکاران، ۲۰۰۵). دادهن و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات خود مشاهده کرده اند که وجود ریزموجودات همزیست سبب افزایش وزن تر و خشک اندام گیاه، افزایش پرولین و کلروفیل در شرایط تنش می شود. مشاهده شده استفاده از ریز موجودات همزیست در افزایش دسترسی گیاه به عناصر مورد نیاز، حفظ رطوبت در منطقه ریشه، آزاد سازی عناصر فسفر و نیتروژن نقش موثری داشته و موجب افزایش وزن خشک گیاه و عملکرد بیولوژیک گیاهان می شود.



شکل ۴-۱- اثر ریزموجودات همزیست بر وزن خشک ساقه

استفاده از ریزموجودات همزیست موجب افزایش سرعت رشد گیاه شده و بر تخصیص و انتقال عناصر مورد نیاز بین اندام های هوایی تاثیر می گذارد، به طوریکه با افزایش جذب عناصر مورد نیاز و انتقال آن ها، وزن خشک اندام های هوایی افزایش می یابد (اُرتوس و هریس، ۱۹۹۶). همچنین به نظر می رسد که نقش مایکوریزا در کیفیت تولید و رشد اندام های گیاهی مرتبط با افزایش غلظت عناصر مورد نیاز می باشد (کهیلوتو و همکاران، ۲۰۰۱). ایلباس و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح سویا با قارچ مایکوریزا موجب افزایش وزن خشک ساقه و قطر ساقه گردید. محمود و اتار (۲۰۰۸) طی‌مطالعاتی روی گیاه ماش، بیان کرده اند که تلقیح با باکتری برادی‌رایزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار در وزن‌خشک‌اندام‌هوایی‌نسبت‌به شاهد شد. همزیستی بین ریزموجودات و گیاهان نیازمند به تبادل مواد مورد نیاز و قندی بین گیاه و ریزموجودات می باشد بنابراین از آنجایی که برگ نقش اصلی در تامین مواد فتوسنتزی و قندی را به عهده دارد توانایی خود را در تامین و ذخیره مواد خوراکی مورد نیاز خود و شریک همزیست خود افزایش می دهد و از طرف دیگر ریزموجودات رفع نیاز خود به مواد خوراکی، آب و عناصر مورد نیاز برای عملکرد فتنوسنتزی برگ را در اختیار گیاه قرار می دهد.



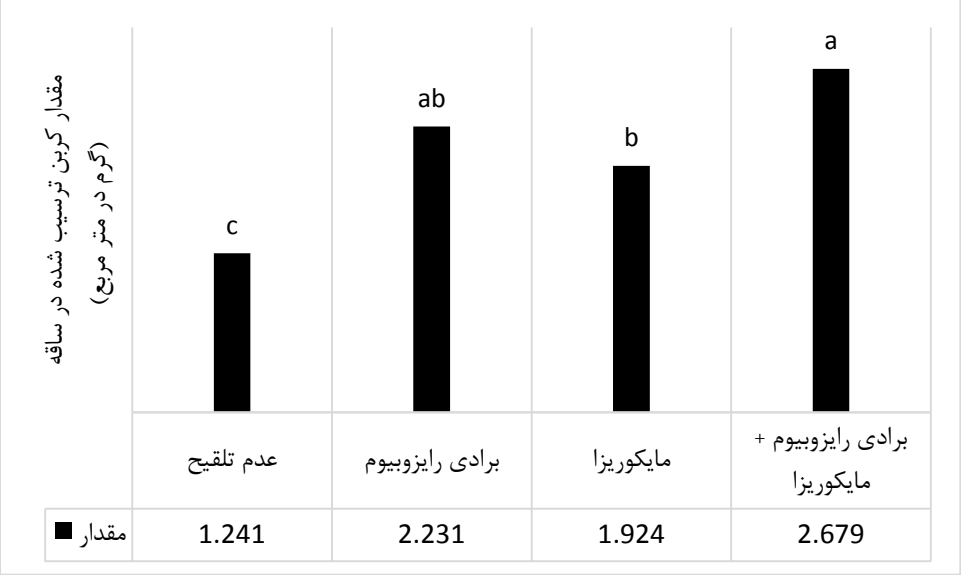
شکل ۴-۲- اثر ریزموجودات همزیست بر وزن خشک برگ

۴-۲- توزیع کربن ترسیب شده در برگ و ساقه

از نتایج جدول (۲) حاصل می شود که اثر تیمار های ریزموجودات همزیست در سطح ۱ درصد و نهاده خارجی در سطح ۵ درصد بر مقدار کربن ترسیب شده در بافت ساقه معنی دار است. همچنین اثر ریزموجودات همزیست به تنهایی در سطح ۱ درصد معنی دار شده است. مقایسه میانگین داده ها بیان می کند (شکل ۴-۳) که تیمار برادی رایزوبیوم + مایکوریزا و برادی رایزوبیوم به تنهایی افزایش معنی داری روی کربن ترسیب شده در بافت گیاهی بین تیمار ها داشت و افزایش بیش از دو برابر را نسبت به شاهد نشان می دهد. تیمار شاهد سطح کمتری در ترسیب کربن بافت ساقه دارا می باشد. همچنین شکل (۴-۴) بیان گر افزایش معنی دار کربن ترسیب شده در ساقه گیاه سویا در اثر استفاده از کود های دامی و شیمیایی می باشد که نسبت به شاهد به ترتیب موجب افزایش ۳۷ ٪ و ۲۰/۳ ٪ شد.

شواهد بیانگر آن است که ریزموجودات می توانند در افزایش رشد شبکه ریشه ای گیاه و آزاد سازی عناصر خوراکی درون خاک موثر باشند و از آنجایی که این آزاد سازی منجر به دسترسی بیشتر گیاه

به عناصری همچون نیتروژن و فسفر می شود، تولید مواد فتوسنتزی در گیاه افزایش می یابد و حاصل آن افزایش رشد گیاه خواهد بود (راجندران و دواراج، ۲۰۰۴). تحقیقاتی که بر روی فعالیت ریزجانوری درون خاک از سال های پیش صورت گرفته است نشان می دهد که وجود ریزجانوران سبب افزایش جوانه زنی بذر، رشد ریشه و سطح برگ، محتوای کلروفیل، محتوای منگنز و نیتروژن و فسفر، افزایش پروتئین، توانایی مقاومت به تنش خشکی و افزایش وزن خشک اندام گیاهی و ریشه می شود (لوسی، ۲۰۰۴). تلقیح با باکتری رایزوبیوم موجب افزایش رشد، عملکرد، ارتفاع گیاه، و تعداد گره در ریشه نسبت به گیاهان بدون تلقیح در شرایط مزرعه می‌شود (ساهاران، ۲۰۱۱).



شکل ۴-۳- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار کربن ترسیب شده در بافت ساقه

جهت تولید موفق در کشاورزی، وجود خاک مناسب، مقدار کافی از عناصر خوراکی در دسترس گیاه ضروری به نظر می رسد (مورد، ۲۰۰۱). امروزه استفاده از انواع کود های کشاورزی چه شیمیایی و چه غیر شیمیایی به منظور رسیدن به حداکثر تولید مصرف می گردد (بالوق و همکاران، ۲۰۰۶). کود های نیتروژنه به شدت بر عملکرد بیولوژیک گیاه موثر است (موردی، ۲۰۰۱). کود های آلی با تولید هوموس عوارض نا مناسب کود های شیمیایی را کاهش می دهد و کارایی مصرف کود را بالا می

برد و همچنین سبب افزایش فعالیت های ریزجانوری در درون خاک و در نهایت افزایش رشد گیاه می شود (شاتا و همکاران، ۲۰۰۷).

نیتروژن یکی از مهمترین اجزاء سازنده کلروفیل می باشد. برادی رایزوبیوم ها توانایی تثبیت نیتروژن اتمسفری را دارند و برای انجام این مهم به فسفر نیاز دارند. استفاده توام مایکوریزا و برادی رایزوبیوم همکاری مناسبی از نظر فراهم آوردن عناصر مورد نیاز یکدیگر را دارند. در نهایت افزایش کلروفیل و بافت فتوسنتزی توانایی جذب دی اکسید کربن را از جو بیشتر می کند.

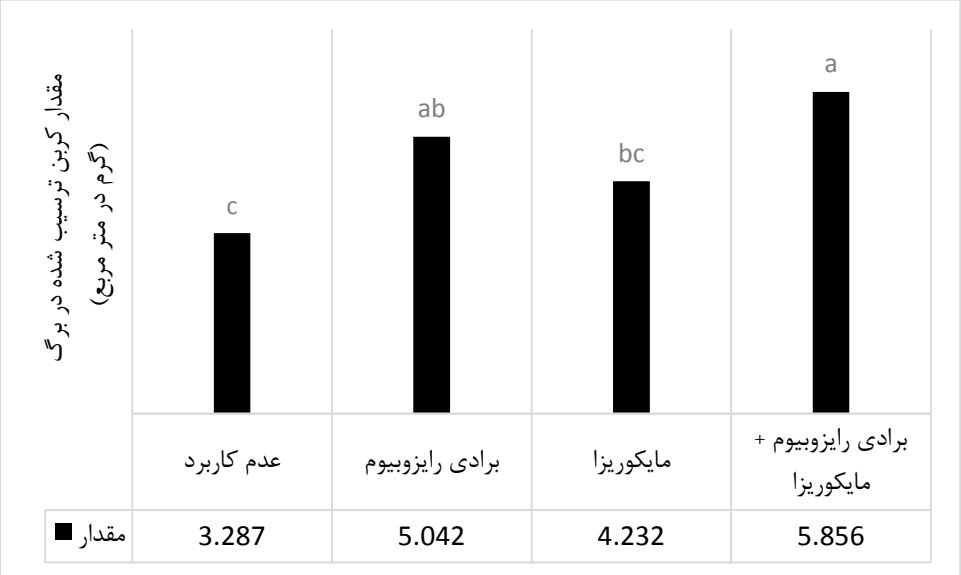
شکل ۴-۴- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار کربن ترسیب شده در بافت ساقه

شکل (۴-۵) بیانگر افزایش سطح کربن ترسیب شده در بافت گیاهی برگ در تیمارهای مایکوریزا + برادی رایزوبیوم و برادی رایزوبیوم می باشد که نسبت به شاهد افزایش ۷۸ ٪ و ۵۳ ٪ دارد. در حالیکه بین تیمار های مایکوریزا و شاهد اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

تلقیح مایکوریزا سبب افزایش فعالیت ریزموجودات تثبیت کننده نیتروژن می شود که احتمالا به خاطر بهبود در عرضه بیشتر عناصر خوراکی است (رجالی، ۱۳۸۲). بامبارا و همکاران (۲۰۱۰) طی تحقیقاتی که‌روی لوبیا انجام‌دادند، به‌این‌نتیجه‌رسیدند که تلقیح باکتری برادی رایزوبیوم موجب

افزایش‌معنی‌دار وزن‌خشک‌گیاه لوبیا نسبت‌به‌تیمار شاهدشد. نتایج تحقیقات بابی و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیان می کند که تلقیح توام بذر لوبیا چشم بلبلی با قارچ مایکوریز آرباسکولار گونه

(*Glomus mosseae*) و باکتری‌رایزوبیوم بیشــترین عملکرد ماده خشــک، تعداد غلاف و عملکرد دانه را تولید می‌کنند. با این وجود اثرات متقابل بین قارچ مایکوریزا و باکتری رایزوبیوم، در مراحل رشد گیاه به ریزموجودات اطراف ریشه بستگی دارد (مرتیمر، ۲۰۰۸).



شکل ۴-۵- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار کربن ترسیب شده در بافت برگ

گیاهان برای رســیدن به حداکثر تولید خود نیازمند شــرایط مناســب در خاک می باشند. افزایش کود های آلی با ترکیبات آلی بالا، کاربرد بهینه کود های شــیمیایی، اســتفاده بیشــتر از ریزموجودات همزیســت می تواند افزایش دهنده کیفیت خاک باشــد. دســترسی گیاه به مواد خوراکی، افزایش مواد قندی و فتوسنتزی برگ و ذخیره سازی آن، مقدار مواد آلی درون گیاه را افزایش می دهد.

۴-۳- سطح برگ سویا

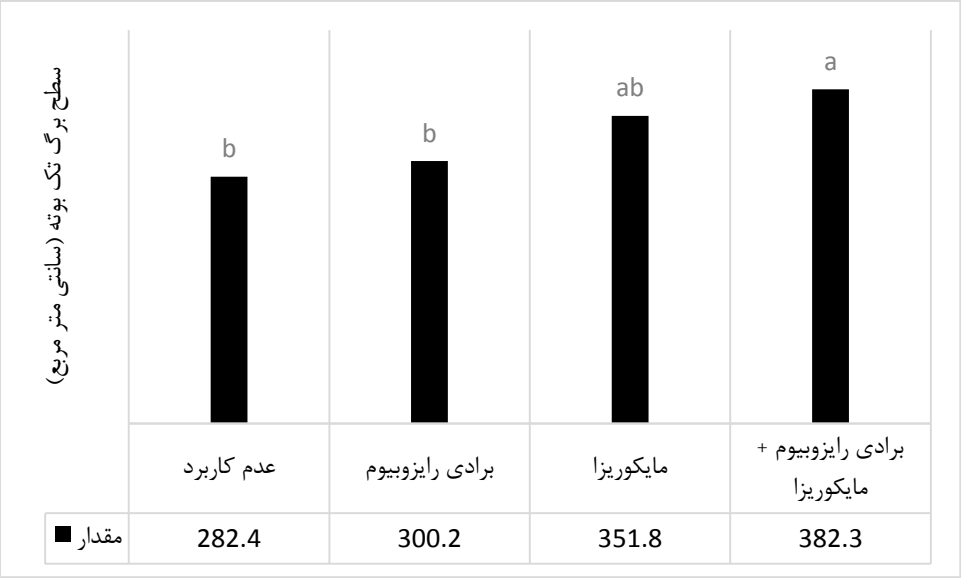
نتایج تجزیه واریانس داده های بدســت آمده جدول (۳) نشــان داد اثر ریزموجودات همزیســت در ســطح ۵ درصــد معنی دار گردید و اثر نهاده خارجی (کود) در ســطح ۱ درصد معنی دار شد. شکل

(۴-۶) افزایش معنی دار سطح برگ را در تیمارهای برادی رایزوبیوم + مایکوریزا و مایکوریزا نشان می دهد و نسبت به تیمار های برادی رایزوبیوم و شاهد افزایش ۲۷ ٪ و ۳۵ ٪ دارد. سطح برگ کمتر در تیمار های برادی رایزوبیوم و شاهد مشاهده شد. همچنین شکل (۴-۷) نشان می دهد که کود های دامی و شیمیایی نیتروژن سطح برگ بیشتری را نسبت به شاهد داشتند و افزایش ۳۶ ٪ و ۳۵ ٪ را نشان می دهند.

زیدی و خان (۲۰۰۳) بدین نتیجه رسیدند که افزایش رشد گیاه و جذب مواد خوراکی حاصل از تلقیح ریزموجودات همزیست با ریشه گیاهان نشان دهنده ارتباط موثری در جذب عناصر خوراکی و رشد گیاه می باشد. همزیستی ریزموجودات با ریشه گیاهان سبب دسترسی به عناصر فسفر و نیتروژن، افزایش رشد ریشه و اندام هوایی، کارایی بیشتر از آب و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می شود (هارش و همکارن، ۲۰۰۶). اُرتاس و هریس (۱۹۹۶) بیان کردند که استفاده از ریزموجودات سرعت رشد گیاه و سطح فتوسنتزی را افزایش می دهد و بر انتقال و توزیع عناصر خوراکی بین ریشه و اندام هوایی اثر گذاشته به طوریکه با افزایش جذب و دسترسی عناصر خوراکی وزن خشک اندام هوایی افزایش می یابد.

آلن و همکاران (۱۹۸۲) گزارش کردند که تغییرات هورمونی در گیاه با آلودگی مایکوریزایی در ارتباط است و تغییرات مرفولوژیک برگ را در نتیجه واکنش به تغییرات هورمون‌های گیاهی گزارش کردند.

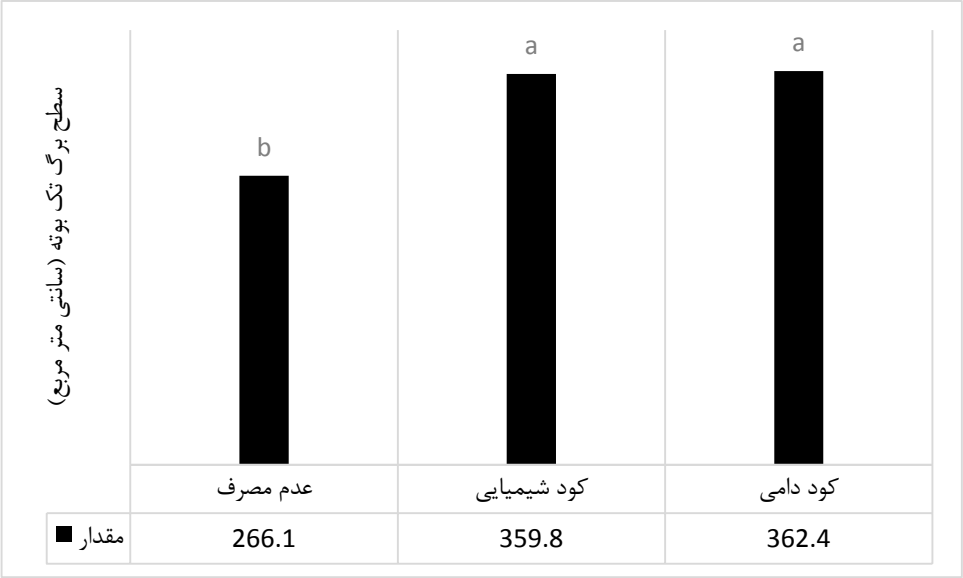
کود های بیولوژیک نقش بسزایی را در بهبودی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک ایفا می کنند همچنین عناصر مصرفی گیاه و آب را در اختیار گیاه قرار می دهند و به رشد گیاهان کمک می کنند.



شکل ۴-۶- اثر ریزموجودات همزیست بر سطح برگ تک بوته

وجید و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند افزایش کود نیتروژن به زمین های کشاورزی سبب افزایش ارتفاع گیاه ، تعداد دانه، عملکرد دانه، افزایش سطح فتوسنتزی و عملکرد بیولوژیک گیاهان می شود. نتایج تحقیقات عبد الرحمن (۲۰۰۸) نشان می دهد کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد گیاه می شود که این افزایش مربوط به تاثیر مثبت و معنی دار نیتروژن در اجزا عملکرد بوده است. دیگر تحقیقات نیز نشان می دهد که اضافه کردن نیتروژن به خاک موجب افزایش کارایی فتوسنتزی گیاه و در نهایت افزایش میزان رشد و عملکرد گیاه می شود (گارگ و همکاران، ۲۰۰۵).

یوتایو سوریان و همکاران (۱۹۹۱) با مصرف کود های آلی و شیمیایی در زراعت آفتاب گردان به این نتیجه رسیدند که عملکرد و اجزاء عملکرد نسبت به شاهد افزایش داشته است. در حضور کود های آلی جذب نیتروژن افزایش می یابد و سبب افزایش اندام های گیاهی می شود. از مهمترین عناصر ضروری گیاه نیتروژن است که در رشد گیاه و عملکرد آن نقش بسزایی دارد و میزان نیتروژن در دسترس گیاه می تواند سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی گیاه را افزایش دهد (دلفین و همکاران، ۲۰۰۵).



شکل ۴-۷- اثر نهاده خارجی کود بر سطح برگ تک بوته

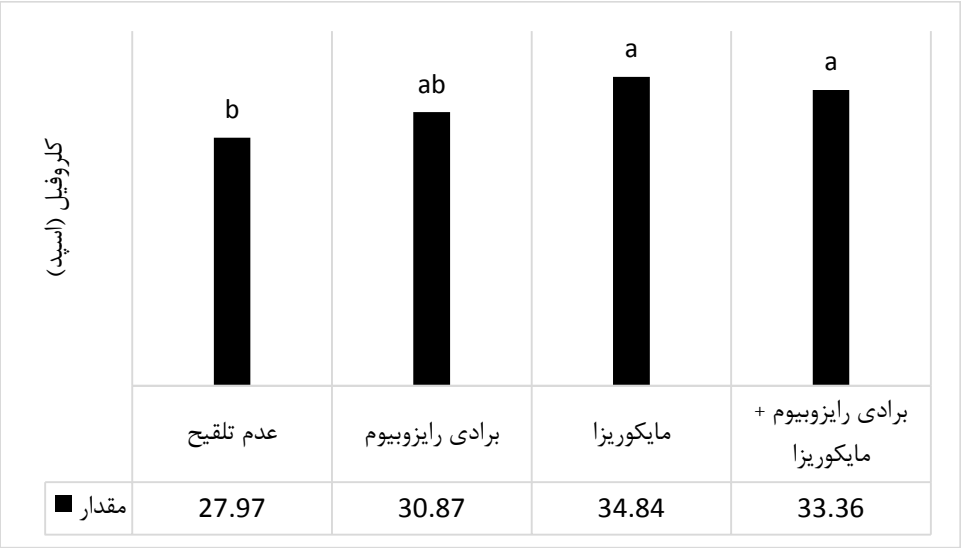
۴-۴- کلروفیل برگ

نتایج جدول (۴) نشان داد که اثراصلی تیمار های کود بیولوژیک و نهاده خارجی کود به تنهایی در سطح ۵ درصد معنی دار گردید. با توجه به شکل (۴-۸) تیمار های مایکوریزا و برادی رایزوبیوم + مایکوریزا افزایش معنی داری در واحد کلروفیل نسبت به شاهد نشان دادند و نسبت به شاهد به ترتیب افزایش ۲۴ ٪ و ۱۹ ٪ دارند. در بین تیمار ها، استفاده از برادی رایزوبیوم به تنهایی نتوانست اختلاف معنی داری نسبت به شاهد ایجاد نماید.

ریزموجودات همزیست نقش مهمی در بهبود خوراکی و رشد گیاهان در شرایط مختلف محیطی دارند که به آنها اصلاح کنندگان زیستی خاک می گویند (سینگ، ۱۹۹۷). قارچ های مایکوریزا با داشتن شبکه گسترده ای از هیف، افزایش سطح و سرعت جذب ریشه کارایی گیاهان را در جذب آب و مواد خوراکی بهبود می بخشند و باعث رشد اندام گیاهی می شوند (مارسنر و دل، ۱۹۹۴).

مشخص شده است که ریزموجودات همزیست به صورت مستقیم مانند در دسترس قرار دادن عناصر مورد نیاز گیاه از طریق جذب، افزایش جذب عناصر خوراکی و همچنین افزایش جذب آب

توسـط گیاه (اسمیت و رید، ۱۹۹۷) و به صورت غیر مستقیم، کاهش تنش های زیستی و غیر زیستی (کالوت و همکاران، ۲۰۰۱) سبب افزایش رشد گیاه میزبان می شود (مورت و همکاران، ۲۰۰۰؛ فنگ و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج بررسی خلیقی جمال آباد و خارا (۱۳۸۶) نشان می دهد میزان کلروفیل a وb در گیاهان گندم تلقیح شـــده با مایکوریزا بالاتر از میزان شـــاهد آن بود. در یک بررســـی روی ذرت دریافتند که گیاهان مایکوریزایی در مقایســـه با گیاهان غیر مایکوریزایی دارای کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید برگ بیشتری بودند (صالح و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۴-۸- اثر ریز موجودات همزیست بر مقدار کلروفیل برگ

همچنین با توجه به شکل (۴-۹) در بین تیمار ها، تیمار کود شیمیایی افزایش معنی داری بر مقدار کلروفیل نسبت به شاهد دارد و میزان کلروفیل نسبت به شاهد ۹ ٪ افزایش یافته است. همچنین تیمار کود دامی نتوانست اختلاف معنی داری با شاهد نشان دهد.

محتوای کلروفیل برگ ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می باشـد (قوش و همکاران، ۲۰۰۴). نیتروژن علاوه بر ایفای نقش در تشـکیل پروتئین ها، یکی از اجزای مهم کلروفیل می باشـد. مصـرف کافی نیتروژن با رشـد رویشی زیاد و رنگ سبز گیاه ارتباط مستقیم دارد و در صورت کمبود آن رشد بوته ها متوقف و رنگ گیاه زرد می شود(ملکوتی و همکاران، ۱۹۷۴).

مقدار نیتروژن مصـــرفی برای مقدار کلروفیل گیاه حائز اهمیت اســـت و مقدار کلروفیل گیاه معیاری جهت ارزیابی وضعیت نیتروژن موجود در خاک می باشد (ون ارد، ۲۰۰۷). نیتروژن یک عنصر تعیین کننده در عملکردگیاهان محســـوب می شـــود و میزان نیتروژن قابل دســـترس در گیاهان می تواند محتوای کلروفیـل برگ را افزایش دهـد (دلفین و همکاران، ۲۰۰۵). نیتروژن یکی از اجزای ســـازنده کلروفیل در برگ است که وجود آن سبب افزایش مقدار کلروفیل و سطح برگ می شود. کود شیمیایی نیتروژن می تواند آزاد سازی این عنصر را در خاک با سرعت بیشتری انجام دهد و دسترسی گیاهان را به این عنصر راحت تر کند.

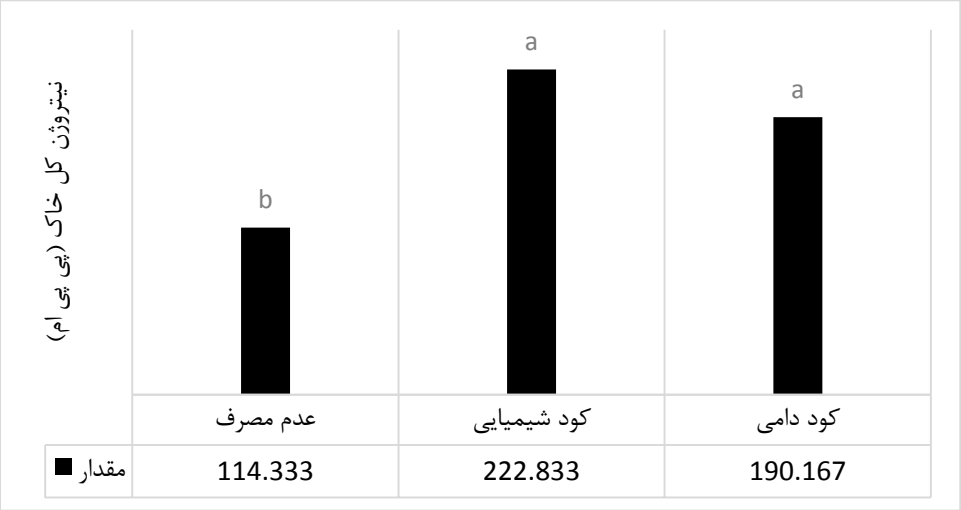
شکل ۴-۹- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار کلروفیل برگ

۴-۵- نیتروژن کل خاک

از نتایج جدول (۵) چنین اســـتنباط می شـــود که تیمار نهاده خارجی (کود) تاثیر معنی داری در سطح ۱ درصد روی نیتروژن کل خاک داشت. شکل (۴-۱۰) نشان می دهد که کاربرد کود شیمیایی و دامی افزایش معنی داری در نیتروژن کل خاک نسـبت به شاهد داشت و این افزایش به ترتیب معادل ۹۴ ٪ و ۶۶ ٪ بودند.

کود های شیمیایی با این که بازدهی خوبی دارند اما اثرات سویی بر جا می گذارند و موجب سختی و افزایش وزن مخصـوص خاک می شوند. تداوم مصرف کود شیمیایی نیتروژن موجب سخت تر شدن

ساختمان مزرعه و تخریب کیفیت خاک می شود (کرمی، ۱۳۷۶). کود های شیمیایی به کار رفته در کشور های در حال توسعه و توسعه یافته موجب تشدید خطرات ناشی از افزایش انتشار اکسید نیتروژن به جو می شود که این پدیده سبب گرم تر شدن کره زمین می گردد (بارکر و بریسون، ۲۰۰۶). در چند دهه اخیر کاربرد کود های شیمیایی در اراضی کشاورزی سبب ایجاد معضلات زیست محیطی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات، کاهش حاصلخیزی خاک و محتوای کربن خاک شده است (شارما، ۲۰۰۲ب). استفاده از کود های شیمیایی علاوه بر اینکه عوارض نامناسبی برای کشاورزی پایدار و محیط زیست دارند اما می توانند با حجم کمتر مقدار نیتروژن بیشتری در خاک قرار داده و با سرعت بیشتری نیتروژن را در اختیار گیاه قرار دهند. نیتروژن از عناصری است که با رشد بیشتر گیاه و افزایش عملکرد رابطه مستقیم دارد و سبب افزایش وزن خشک گیاه، سطح برگ و سطح فتوسنتزی گیاهان می شود. همچنین وجود این عنصر به پروتئین سازی در گیاهان کمک می کند. کود های دامی نیتروژن خود را به تدریج به خاک اضافه می کنند. کود های آلی در حفظ ماده آلی خاک و فعالیت ریزموجودات بسیار موثرند و آلودگی کمتری نسبت به کود های شیمیایی دارند.



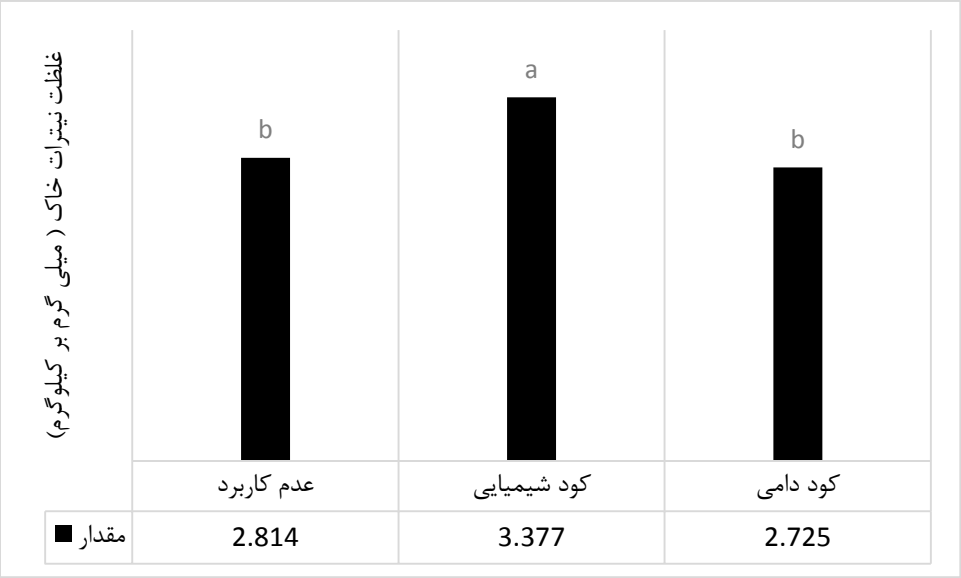
شکل ۴-۱۰- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار نیتروژن کل خاک

۴-۶- نیترات خاک ($N\text{-}NO_3$)

نتایج جدول (۵) نشـان می دهد که اثرات اصلی تیمار های کود بیولوژیک و نهاده خارجی (کود) به طور جداگانه به ترتیب در سـطح ۵ و ۱ درصد معنی دار گردید. با توجه به شکل (۴-۱۱) می توان مشـاهده کرد که بیشـترین مقدار نیترات خاک در تیمار کود شـیمیایی نیتروژن قرار دارد و نسبت به شـاهد افزایش ۲۰ ٪ دارد همچنین نسـبت به کود دامی افزایش ۲۳ ٪ داشـت. اما تیمار کود دامی نتوانست نسبت به شاهد اختلاف معنی داری داشته باشد.

آبشـویی نیترات یکی از راه های عمده از دسـت دادن نیتروژن از خاک است. وقتی که نیتروژن به خاک اضـافه می شود ۹۰ درصد نیتروژن بعد از ۱۰ روز به نیترات تبدیل می شود (هارولد و همکاران، ۱۹۹۲). بن بی و همکاران (۱۹۹۱) بدین نتیجه رسیده اند که ارتباط مستقیمی بین افزایش نیترات با کاربرد کود های شیمیایی نیتروژن وجود دارد.

همچنین پت و همکاران (۱۹۸۲) مشـاهده کردند که بعد از اضـافه کردن نیتروژن، آبشویی نیترات به مقدار زیادی افزایش پیدا می کند و با کاهش مصـرف کود های نیتروژنه، مقدار کمتری نیترات در خاک مشاهده می شود (یوگش و جو، ۱۹۸۲). کود های شیمیایی نیتروژنه، نیتروژن بسیاری در خاک آزاد می کننـد. نیتروژن در خـاک بـه دو فرم آمونیوم با بار مثبت و نیترات با بار منفی وجود دارد. اگر نیترات جذب گیاه نشـود به دلیل بار منفی کلوئید های خاک به طور آزاد در خاک قرار می گیرد و به صـورت آبشـویی از دسـترس گیاهان خارج می شـود. وجود غلظت های بالای نیترات برای گیاهان و جانوران سـمی و مضـر است. همچنین نیتروژن می تواند از طریق فرآیند بیوشیمیایی ریزموجودات به صورت اکسید های نیتروژن وارد جو شود.

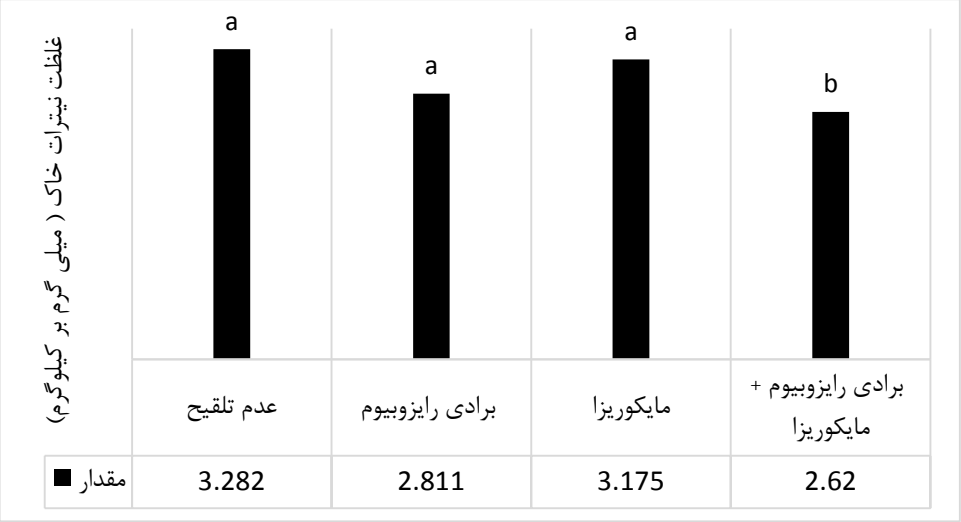


شکل ۴-۱۱- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار نیترات خاک

همچنین در شـــکل (۴-۱۲)، مقایســـه میانگین نشـــان می دهد که ترکیب توام دو کود بیولوژیک مایکوریزا و برادی رایزوبیوم توانست میزان نیترات را بطور معنی داری نسبت به شاهد کاهش دهد این میزان معادل ۲۵ ٪ اسـت. به نظر می رسد استفاده توام کود های بیولوژیک گیاهان را قادر به استفاده بهتر از نیتروژن می کنند.

ریزموجودات درون خاک از تجزیه کننده های اصـلی اکوسـیسـتم ها به حسـاب می آیند و از نظر ساختار جمعیتی، فراوانی و فعالیت نقش بسیار مهمی در آزاد سازی عناصر دارند. نیتروژن درون خاک می تواند در رشـد این موجودات موثر باشد و ریزموجودات از نیتروژن برای ساخت آنزیم های نیتروژن دار استفاده می کنند (کاریرو و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین تجزیه مواد توسط ریزموجودات نیتروژن را در دسـترس گیاهان قرار می دهد. از آنجایی که نیتریفیکاسیون، دنیتریفیکاسیون و آبشویی نیترات با اضافه کردن نیتروژن به خاک افزایش می یابد، ریزموجودات می توانند از هدر رفت نیتروژن به صورت نیترات جلوگیری کنند (آلبر و همکاران، ۱۹۹۸). این شـــکل دقیقا نشـــانگر همکاری بین مایکوریزا و برادی رایزوبیوم است. به صورتی که برادی رایزوبیوم برای تثبیت نیتروژن به فسفر نیاز دارد و مایکوریزا

توانایی جذب فسفر و دسترسی آن را افزایش می دهد. حضور این دو ریزجانور در درون خاک به کاهش نیترات کمک می کنند.



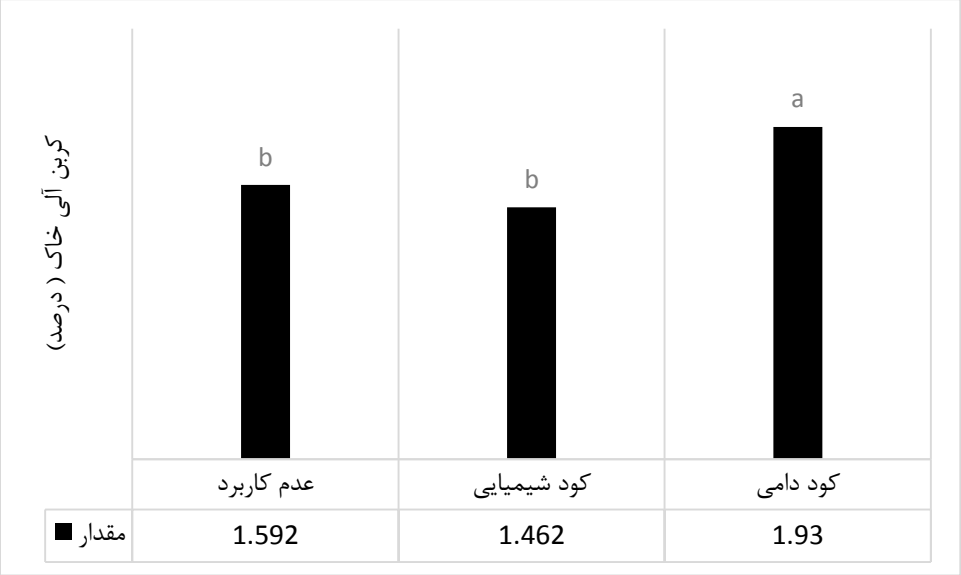
شکل ۴-۱۲- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار نیترات خاک

۴-۷- کربن آلی خاک

نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایشی جدول (۲) نشان داد که اثر ریزموجودات همزیست بر روی کربن آلی خاک در سطح ۵ درصد معنی دار شد. همچنین اثر نهاده خارجی (کود) در سطح ۱ درصد معنی دار گردید. با توجه به شکل (۴-۱۳) بالاترین مقدار کربن آلی در تیمار کود دامی مشاهده می شود که نسبت به تیمار های کود شیمیایی و شاهد افزایش ۳۲ ٪ و ۲۱ ٪ دارد. اما تفاوتی در میزان کربن آلی در تیمار کود شیمیایی و شاهد مشاهده نمی شود.

بررسی ها نشان می دهد که استفاده از کود های آلی به دلیل دارا بودن مقادیر بالای ترکیبات آلی می توانند نقش بسزایی در تامین ماده آلی خاک و نیز کاهش زیان های ناشی از کمبود این مواد در خاک را داشته باشند (حجتی و همکاران، ۱۳۸۵؛ دلگادو و همکاران، ۲۰۰۲). کود های دامی یکی از مهمترین منابع تامین کننده ماده کربنی خاک و جایگزین مناسب برای کود های شیمیایی محسوب می شوند و می توانند اثر قابل توجهی در بهبود ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشند.

کاربرد کود های دامی موجب بهبود خاک های فرسایش یافته و کم بازده می شوند (اقبال و همکاران، ۲۰۰۴).



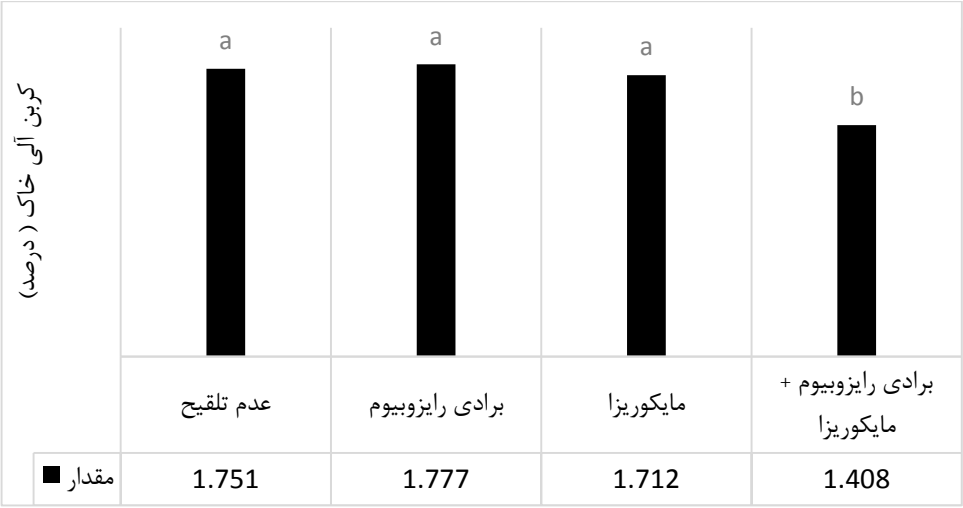
شکل ۴-۱۳- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار کربن آلی خاک

کود های دامی به خاطر محتوای بالای مواد آلی توانایی زیادی در اصلاح خاک و افزایش مقدار مواد آلی خاک دارند بدین صورت که با افزایش خصوصیات فیزیکی مثل حفظ خاکدانه و اتصال ذرات خاک، ماده آلی خاک را حفظ می کنند. از طرفی سبب افزایش فعالیت های ریشه ای و جانوری خاک می شوند که مواد کربنی حاصل از این فعالیت ها در خاک افزایش می یابد.

همچنین شکل (۴-۱۴) بیانگر آن است که مصرف توام مایکوریزا و برادی رایزوبیوم کاهش معنی داری در کربن آلی خاک نسبت به شاهد دارد که این میزان معادل ۲۴ ٪ است. همچنین بین تیمار های مایکوریزا، برادی رایزوبیوم و شاهد اختلاف معنی داری وجود ندارد.

شواهد بسیار زیادی وجود دارد که گیاهان می‌توانند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تأمین نمایند این عمل از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت CO_2 به ازای واحد وزن برگ انجام می‌گیرد (اختر و صدیقی، ۲۰۰۸). بنابراین افزایش فتوسنتز توسط

مایکوریزا نه تنها به بهبود جذب عناصـر خوراکی توسط قارچ، بلکه به نقش هیف‌های موجود در خاک به عنوان اندام‌های اضافه کننده کربن به خاک نیز بستگی دارد (فلاح و همکاران، ۱۳۸۵).



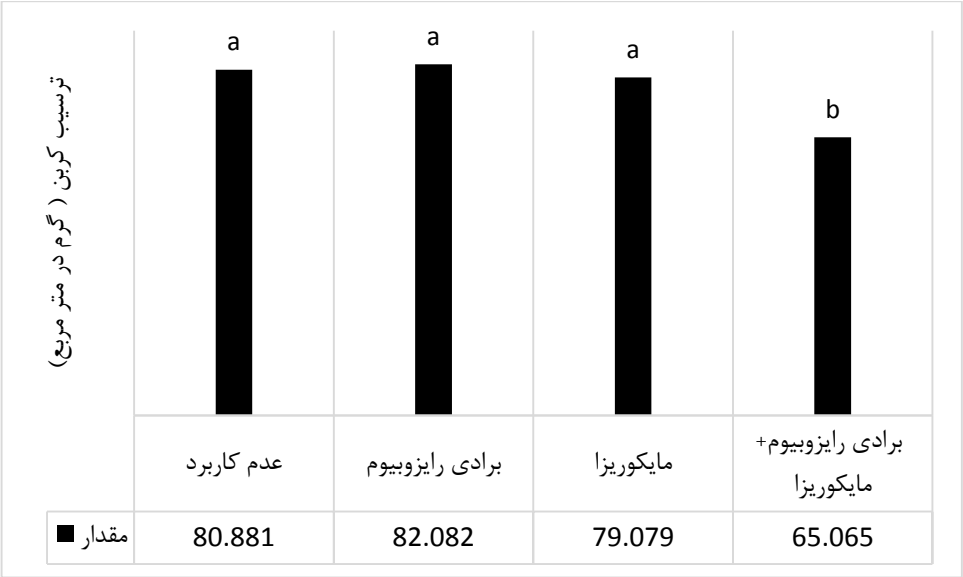
شکل ۴-۱۴- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار کربن آلی خاک

۴-۸- ترسیب کربن خاک

جدول (۶) نشان می دهد که اثرات تیمار های آزمایشی ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی هر کدام به تنهایی و به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی دار شدند. شکل (۴-۱۵) بیانگر کمترین مقدار ترسـیب کربن در تیمار مایکوریزا + برادی رایزوبیوم می باشـد و بیشـترین مقدار را تیمار های برادی رایزوبیوم، مایکوریزا و شـاهد دارند. درکمترین تیمار نسـبت به شاهد ۲۴ ٪، نسبت به برادی رایزوبیوم ۲۶ ٪ و نسبت به مایکوریزا ۲۱ ٪ کاهش دیده می شود.

نقش ریزموجودات در ذخیره کربنی خاک چه به عنوان همزیسـت و چه به عنوان پاتوژن می تواند در چرخه و احیاء کربن خاک موثر باشـد (گالو وی و همکاران، ۲۰۰۸). جکینسـون و پالسون (۱۹۷۶) بدین نتیجه رسیدند که ریزموجودات، با تجزیه و آزاد سازی مواد درون خاک می توانند به مقدار مواد آلی و محتوای کربنی خاک بیافزایند. به طور کلی، مقدار زیادی از دی اکسـید کربن تولید شـده در خاک به دلیل تجزیه شدن ماده آلی، تنفس ریشه، فرآیند های معدنی شدن و فعالیت جانوران خاکزی

می باشد و انتشار کم دی اکسید کربن می تواند از گرم شدن زمین و تغییر اقلیم جلوگیری کند (اشلزینگر و اندریوز، ۲۰۰۰).



شکل ۴-۱۵- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار کربن ترسیب شده در خاک

با توجه به شکل (۴-۱۶) بیشترین مقدار ترسیب کربن در تیمار کود دامی مشاهده می شود و نسبت به شاهد و کود شیمیایی افزایش ۱۳ ٪ و ۲۱ ٪ دارد. گریگوریچ و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که استفاده از کود های آلی سبب افزایش محتوای کربنی خاک نسبت به کاربرد کود های غیر آلی و شیمیایی می شود. همچنین کاربرد بلند مدت از کود های دامی، خاکدانه بندی را افزایش داده و مقدار محتوای کربنی خاک را بالا می برد (جیلی و ریس، ۲۰۰۰). نتایج اسمیت و پالسون (۲۰۰۰) نشان می دهد که استفاده از کود های دامی در زمین های کشاورزی نسبت به سایر زمین ها (مرتع) مقدار ترسیب کربن بیشتری دارد.

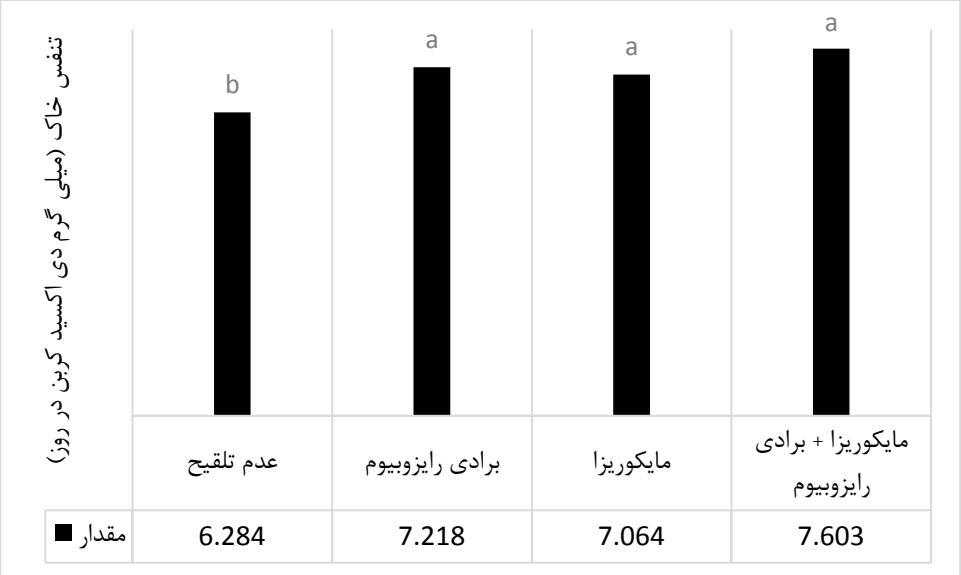
شکل ۴-۱۶- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار کربن ترسیب شده در خاک

۴-۹- تنفس خاک

از نتایج جدول (۷) چنین استنباط می شود که تیمار های ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی کود هر کدام به تنهایی در سطح ۱ درصد اثر معنی داری بر تنفس خاک دارند. شکل (۴-۱۷) نشان می دهد که اثر متقابل مایکوریزا + برادی رایزوبیوم و اثر اصلی برادی رایزوبیوم و مایکوریزا افزایش معنی داری در مقدار تنفس نسبت به شاهد دارند و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد است. در تیمار شاهد نسبت به مایکوریزا + برادی رایزوبیوم ۲۰ ٪، نسبت به مایکوریزا ۱۲ ٪ و نسبت به برادی رایزوبیوم ۱۴ ٪ کاهش تنفس وجود دارد.

خاک یکی از منابع مهم کربنی است که می تواند ذخیره کننده توده عظیمی از کربن درون خود باشد. از طرفی می تواند منبع انتشار گاز های گلخانه ای به حساب بیاید. بنابراین توازن بین ورودی و خروجی کربن وابسته به فرآیند های تنفس ریزموجودات و فتوسنتز گیاهی است(وود وارد، ۲۰۰۹؛ لل، ۲۰۰۴).

آزاد سازی مواد آلی توسط ریزموجودات می توانند سبب خارج سازی کربن از طریق فرآیند تنفس به جو باشـند (اسـچمید، ۲۰۱۱ ؛ رینولد، ۲۰۱۲). تنفس یکی از معیار های میزان فعالیت ریزجانوری درون خاک است. ریزموجودات به کار رفته هوازی هستند و فعالیت آنها همراه با تنفس و خروج اکسید های نیتروژن و دی اکسید کربن می باشد. گرچه در فرآیند تنفس، کربن و نیتروژن از خاک خارج می شـوند اما وجود این ریزموجودات به حفظ رطوبت، مواد خوراکی، کاهش آبشویی نیترات، افزایش ماده آلی خاک و نیز بهبود خصوصیات فیزیکی به خاک کمک می کنند و سبب تعادل در چرخه کربن بین خاک و جو می شوند.



شکل ۴-۱۷- اثر ریزموجودات همزیست بر مقدار تنفس خاک

همچنین شـکل (۴-۱۸) بیانگر بالاترین مقدار تنفس در تیمار کود دامی اسـت که نسـبت به کود شـیمیایی و شـاهد افزایش ۲۴ ٪ و ۱۹ ٪ دارد. کود دامی باعث افزایش حجم زیسـت توده میکروبی (ابهیم مـاسـتو، ۲۰۰۶) و افزایش جمعیت میکروبی (آجوا و طباطبایی، ۱۹۹۴) می شـود همچنین فعالیت های آنزیمی خاک را بالا می برد که در نتیجه، مقدار تنفس خاک افزایش می یابد (کریگ چیو و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین کمبل و همکاران (۱۹۸۶) پی به این موضـوع بردند که افزایش فعالیت میکروبی رابطـه مسـتقیمی بـا افزایش تنفس خاک دارد. پلازا و همکاران (۲۰۰۴) بیان کرده اند که

کاربرد کود های شـیمیایی و غیر آلی در زمین های کشـاورزی نسـبت به کاربرد کود آلی نقش بسیار کمتری در فعالیت میکروبی خاک دارند. با وجود اینکه اسـتفاده از کود های شـیمیایی موجب افزایش رشـد گیاهان می شـوند، اما سـبب اثرات مضری همچون افزایش بیش از حد نیتروژن و نیترات خاک، کاهش تنوع زیستی و فعالیت جانوری درون خاک و همچنین ناپایداری ساختمان خاک هم می شوند (آلویا و آدنیان، ۲۰۰۶). کود های آلی خصـوصـیات فیزیکی، شـیمیایی و بیولوژیک خاک را بهبود می بخشند و با حفظ رطوبت و افزایش کربن به خاک، فعالیت ریزموجودات را افزایش می دهند.

شکل ۴-۱۸- اثر نهاده خارجی کود بر مقدار تنفس خاک

نتیجه گیری :

فعالیت های صنعتی و کشاورزی بشر سبب گرمایش زمین شده و مقدار گاز های گلخانه ای به خصوص دی اکسید کربن در جو افزایش یافته است. در بخش کشاورزی، کاربرد بیش از حد کود های شیمیایی بویژه نیتروژن، استفاده از نهاده های پر انرژی، عدم آگاهی کشاورزان و غیره سبب افزایش گاز های گلخانه ای شده است. بنابراین بایستی از جایگزین های مناسب بهره جست. استفاده از کود های آلی و زیستی می توانند در بلند مدت جایگزین مناسبی برای موارد یاد شده باشند. استفاده از کود های دامی و بیولوژیک مقدار نیترات خاک را کاهش می دهند و به استفاده بهینه از نیتروژن کمک می کنند. هدر رفت نیتروژن به صورت فرآیند های دنیتروفیکاسیون و آبشویی موجب آلودگی جو و آب های زیر زمینی می شود. همچنین کود های دامی و بیولوژیک کربن آلی خاک را افزایش داده و سبب ترسیب کربن درون خاک می شوند. با ترسیب کربن و حفظ ماده آلی خاک، انتشار گاز دی اکسید کربن و دیگر گاز های کربنی به جو کاهش می یابد. اعمال این تیمار ها سبب افزایش سطح برگ، میزان کلروفیل برگ و افزایش مقدار کربن ترسیب شده در گیاهان می شوند که این عوامل می توانند در عملکرد گیاه موثر باشند.

پیشنهادات :

- بررسی چالش ها ، مشکلات فعلی - آینده کشور و انتخاب پژوهشی مناسب جهت رفع آنها
- سنجیدن چگونگی اجرای کار و مشکلات روبرو
- انتخاب گیاه مناسب به محیط و اقلیم منطقه
- اجرای پژوهش به صورت شخصی جهت رسیدن به پژوهشی با خطای کمتر
- رعایت اصول ایمنی کار در محیط مزرعه و آزمایشگاه
- همکاری با مسوولین آزمایشگاه ها جهت اجرای مناسب و صحیح پژوهش و پذیرش راهنمایی های آنها
- بررسی اثرات تنش های **کم آبی و فرسایس خاک** بر ترسیب کربن، انتشار کربن و اکسید های نیتروژن به جو
- بررسی ترسیب و انتشار کربن و نیتروژن به جو در کنار گیاهان **خانواده غلات از جمله برنج و گندم**
- بررسی اثرات **عناصر سمی ناشی از شهرک های صنعتی** بر ترسیب کربن و انتشار گاز های گلخانه ای

پیوست

گر می نخوری طعنه مزن مستان را　　بنیاد مکن توحیله و دستان را

تو غره بدان مشو که می مینخوری　　صد لقمه خوری که می غلامست آن را

جدول (۱)- میانگین مربعات وزن خشک برگ و ساقه تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

		میانگین مربعات	
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه
تکرار	۲	۱۸/۲۵۸	۷/۰۵۷
ریزموجودات همزیست	۳	**۲۹/۳۸۸** *	**۳۲/۹۱۱****
نهاده خارجی (کود)	۲	۵/۱۲۰	۳/ ۶۱۸
اثر متقابل	۶	۱۰/۴۹۷	۸/۶۴۸
خطا	۲۲	۷/۶۱۷	۴/۲۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۲۴/۵۴	۲۱/۷۹

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۲)- میانگین مربعات کربن آلی در خاک و کربن ترسیب شده در اندام های رویشی گیاه تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

		میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	کربن آلی خاک	کربن برگ	کربن ساقه
تکرار	۲	۰/۰۶۵	۰/۰۱۷	**۰/۰۲۶***
ریزموجودات همزیست	۳	**۰/۲۶۳***	**۰/۲۲۲****	**۰/۰۷۷****
نهاده خارجی (کود)	۲	**۰/۷۰۰****	۰/۰۶۵	۰/۰۲۶*
اثر متقابل	۶	۰/۱۰۲	۰/۰۴۵	۰/۰۰۹
خطا	۲۲	۰/۰۶۸	۰/۰۲۴	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۶۸	۲۲/۹۳	۲۴/۲۱

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۳)- میانگین مربعات سطح برگ تک بوته سویا تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

	میانگین مربعات	
منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ
تکرار	۲	۲۸۶۲۳/۴
ریزموجودات همزیست	۳	**۱۹۳۹۷/۱***
نهاده خارجی (کود)	۲	**۳۶۱۵۱/۶****
اثر متقابل	۶	۱۶۷۱/۱
خطا	۲۲	۶۳۱۳/۱
ضریب تغییرات (٪)		۲۴/۱۲

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۴)- میانگین مربعات کلروفیل در برگ تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

	میانگین مربعات	
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلرفیل برگ
تکرار	۲	۱۷/۳۶۳
ریزموجودات همزیست	۳	**۸۱/۷۴۱***
نهاده خارجی (کود)	۲	**۱۰۶/۸۳۶***
اثر متقابل	۶	۱۶/۶۳۴
خطا	۲۲	۲۳/۲۴۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۱۸

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۵)- میانگین مربعات نیتروژن در خاک تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

	میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن کل خاک	نیترات خاک
تکرار	۲	۱۳۴۴/۷۷۸	۰/۱۳۱
ریزموجودات همزیست	۳	۲۳۶۶/۵۱۹	**۰/۹۶***
نهاده خارجی (کود)	۲	**۳۷۱۸۰/۱۱۱***	**۱/۵۰۴****
اثر متقابل	۶	۲۲۶۳/۰۷۴	۰/۱۲۸
خطا	۲۲	۱۸۱۹/۹۲۹	۰/۲۵۲
ضریب تغییرات (٪)		۲۴/۲۷	۱۶/۸۸

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۶)- میانگین مربعات ترسیب کربن در خاک تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

	میانگین مربعات	
منابع تغییرات	درجه آزادی	ترسیب کربن
تکرار	۲	۱/۳۸۱
ریزموجودات همزیست	۳	**۵/۶۲۴***
نهاده خارجی (کود)	۲	**۱۴/۹۴۸****
اثر متقابل	۶	۲/۱۷۹
خطا	۲۲	۱/۴۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۶۸

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۷)- میانگین مربعات تنفس در خاک تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

	میانگین مربعات	
منابع تغییرات	درجه آزادی	تنفس خاک
تکرار	۲	۱/۲۰۴
ریزموجودات همزیست	۳	**۲/۷۶۰****
نهاده خارجی (کود)	۲	**۳/۱۷۹****
اثر متقابل	۶	۰/۰۷۰
خطا	۲۲	۰/۳۹۴
ضریب تغییرات (٪)		۸/۹۱

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۸)- میانگین مربعات زیست توده کربن میکروبی (MBC) در خاک تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

	میانگین مربعات	
منابع تغییرات	درجه آزادی	زیست توده کربن میکروبی
تکرار	۲	۱۰/۲۱۶
ریزموجودات همزیست	۳	۳۲/۶۷۲
نهاده خارجی (کود)	۲	۱/۱۵۶
اثر متقابل	۶	۱۹/۷۵۷
خطا	۲۲	۱۲/۵۶۹
ضریب تغییرات (٪)		۲۵/۷۴

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۹)- میانگین مربعات فسفر در خاک تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

		میانگین مربعات	
منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفر قابل دسترس	فسفر کل
تکرار	۲	۴/ ۸۲۴	۰/۰۲۶
ریزموجودات همزیست	۳	۳/۸۸۷	۰/۰۷۷
نهاده خارجی (کود)	۲	۰/۱۸۰	۰/۰۲۶
اثر متقابل	۶	۱/۵۹۲	۰/۰۰۹
خطا	۲۲	۳/۵۱۰	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۲۸/۶۲	۲۹/۱۱

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۱۰)- میانگین مربعات کلونیزاسیون در ریشه تحت تاثیر ریزموجودات همزیست و نهاده کودهای مصرفی

		میانگین مربعات
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلونیزاسیون
تکرار	۲	۴۶/۵۲۸
ریزموجودات همزیست	۳	۷۴/۷۶۹
نهاده خارجی (کود)	۲	۱۹/۴۴۴
اثر متقابل	۶	۱۲/۹۶۳
خطا	۲۲	۲۴/۵۵۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۱۸

*و** به ترتیب به مفهوم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

جدول (۱۱)- مقایسه میانگین اثرات ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر وزن خشک برگ و ساقه

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در هر بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در هر بوته)
ریزموجودات همزیست		
عدم تلقیح	۷/۲۱۱ c	۹/۸۳۱ c
باکتری برادی رایزوبیوم	۸/۶۱۸ bc	۱۰/۱۱ bc
قارچ مایکوریزا	۱۱/۶۰ a	۱۲/۵۶ ab
برادی رایزوبیوم + مایکوریزا	۱۰/۲۵ ab	۱۳ a

میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول (۱۲)- مقایسه میانگین اثرات ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر کربن آلی دو اندام رویشی گیاه

تیمار	کربن آلی ساقه (گرم در متر مربع)	کربن آلی برگ (گرم در متر مربع)
ریزموجودات همزیست		
عدم تلقیح	۱/۲۴۱ c	۳/۲۸۷ c
باکتری برادی رایزوبیوم	۲/۲۳۱ ab	۵/۰۴۲ ab
قارچ مایکوریزا	۱/۹۲۴ b	۴/۲۳۲ bc
برادی رایزوبیوم + مایکوریزا	۲/۶۷۹ a	۵/۸۵۶ a
نهاده خارجی (کود)		
عدم کاربرد کود	۱/۶۹۱ b	
کود شیمیایی	۲/۰۴۲ ab	
کود دامی	۲/۳۱۷ a	

میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول (۱۳)- مقایسه میانگین اثرات ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر سطح برگ سویا

تیمار	سطح برگ (سانتی متر مربع)
ریزموجودات همزیست	
عدم تلقیح	۲۸۲/۴ b
باکتری برادی رایزوبیوم	۳۰۰/۲ b
قارچ مایکوریزا	۳۵۱/۸ ab
برادی رایزوبیوم + مایکوریزا	۳۸۲/۳ a
نهاده خارجی (کود)	
عدم کاربرد کود	۲۶۶/۱ b
کود شیمیایی	۳۵۹/۸ a
کود دامی	۳۶۲/۴ a

میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول (۱۴)- مقایسه میانگین اثرات ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر کلروفیل برگ

تیمار	کلروفیل برگ (اسپد)
ریزموجودات همزیست	
عدم تلقیح	۲۷/۹۷ b
باکتری برادی رایزوبیوم	۳۰/۸۷ ab
قارچ مایکوریزا	۳۴/۸۴ a
برادی رایزوبیوم + مایکوریزا	۳۳/۳۶ a
نهاده خارجی (کود)	
عدم کاربرد کود	۳۱/۵۷ ab
کود شیمیایی	۳۴/۸۸ a
کود دامی	۲۸/۸۸ b

میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول (۱۵)- مقایسه میانگین اثرات ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر نیتروژن خاک

تیمار	نیتروژن کل خاک (پی پی ام)	نیترات خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)
ریزموجودات همزیست		
عدم تلقیح		۳/۲۸۲ a
باکتری برادی رایزوبیوم		۲/۸۱۱ a
قارچ مایکوریزا		۳/۱۷۵ a
برادی رایزوبیوم + مایکوریزا		۲/۶۲۰ b
نهاده خارجی (کود)		
عدم کاربرد کود	۱۱۴/۳ b	۲/۸۱۴ b
کود شیمیایی	۲۲۲/۸ a	۳/۳۷۷ a
کود دامی	۱۹۰/۲ a	۲/۷۲۵ b

میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول (۱۶)- مقایسه میانگین اثرات ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر کربن آلی خاک

تیمار	کربن آلی (درصد)
ریزموجودات همزیست	
عدم تلقیح	۱/۷۵۱ a
باکتری برادی رایزوبیوم	۱/۷۷۷ a
قارچ مایکوریزا	۱/۷۱۲ a
برادی رایزوبیوم + مایکوریزا	۱/۴۰۸ b
نهاده خارجی (کود)	
عدم کاربرد کود	۱/۵۹۲ b
کود شیمیایی	۱/۴۶۲ b
کود دامی	۱/۹۳۰ a

میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول (۱۷)- مقایسه میانگین اثرات ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر ترسیب کربن در خاک

تیمار	ترسیب کربن در خاک (گرم در متر مربع)
ریزموجودات همزیست	
عدم تلقیح	۸۰/۸۸۱ a
باکتری برادی رایزوبیوم	۸۲/۰۸۲ a
قارچ مایکوریزا	۷۹/۰۷۹ a
برادی رایزوبیوم + مایکوریزا	۶۵/۰۶۵ b
نهاده خارجی (کود)	
عدم کاربرد کود	۷۳/۵۷۳ b
کود شیمیایی	۶۷/۵۶۷ b
کود دامی	۸۹/۱۸۹ a

میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول (۱۸)- مقایسه میانگین اثرات ریزموجودات همزیست و نهاده خارجی (کود) بر تنفس خاک

تیمار	تنفس خاک (میلی گرم دی اکسید کربن در روز)
ریزموجودات همزیست	
عدم تلقیح	۶/۲۸۴b
باکتری برادی رایزوبیوم	۷/۲۱۸ a
قارچ مایکوریزا	۷/۰۶۴ a
برادی رایزوبیوم + مایکوریزا	۷/۶۰۳ a
نهاده خارجی (کود)	
عدم کاربرد کود	۶/۷۴۱ b
کود شیمیایی	۶/۷۴۹ b
کود دامی	۷/۶۳۶ a

میانگین هایی که دارای یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

منابع

از کوزه گری کوزه خریدم باری — آن کوزه سخن گفت ز هر اسراری

شاهی بودم که جام زرینم بود — اکنون شده ام کوزه هر خماری

۱. امام، ی. و ثقه الاسلامی، م. ج. ۱۳۸۴. عملکرد گیاهان زراعی و فیزیولوژی و فرآیند ها (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۹۳ صحنه.

۲. جامی الاحمدی، م. کامکار،ب و مهدوی دامغانی، ع.ا. ۱۳۸۵. کشاورزی، کود و محیط زیست(ترجمه). چاپ اول. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۷۲ صفحه.

۳. جعفری، ع. ۱۳۸۳. سویا کلید سلامتی. انتشارات خانیران. ۱۹۵صفحه.

۴. حجتی، س.، نوربخش، ف. و خاوازی، ک. ۱۳۸۵. تاثیر لجن فاضلاب بر شاخص بیومس میکروبی خاک، فعالیت آنزیمی و عملکرد گیاه ذرت. مجله علوم خاک و آب. شماره ۲۰. جلد ۱: ص ۸۴-۹۳.

۵. خاوازی ک و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کود های بیولوژیک در کشور . موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ۶۰۴ صفحه.

۶. خدابنده، ن. ۱۳۸۷. زراعت غلات، چاپ نهم، انتشارات دامشگاه تهران، تهران.

۷. خسروی، م. و ح، رحیمیان مشهدی. ۱۳۸۴. مطالعه ارتباط وزن ریشه غده ای با شروع مرحله زایشی عملکرد و اجزاء عملکرد آن در زیره سیاه. فصلنامه علوم و صنایع کشاورزی.۱۹(۱): ۱۱۱-۱۱۹.

۸. خلیقی جمال آباد، ا. و خارا، ا. ج. ۱۳۸۶. تاثیر قارچ مایکوریزای آرباسکولار *Glomus intraradices* بر روی تنش اکسیداتیو و برخی پارامتر های رشدی و فیزیولوژی در گیاه گندم رقم آذر ۲ تحت سمیت کادمیوم. دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم، گروه زیست شناسی.

۹. خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۳. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۵۶۷ صفحه.

۱۰. دباغیان، ز. ۱۳۸۸. بررسی اثر کود های بیولوژیک ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و تیو باسیلوس بر عملکرد و اجزا عملکرد سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه مازندران. ۹۷ صفحه.

۱۱. درزی، م. ت.، قلاوند، ا.، و رجالی، ف. ۱۳۸۷. تاثیر مصرف کود های بیولوژیک بر روی جذب عناصر N,P,K و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum volgare*). فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. شماره ۱: ص ۱ - ۱۹.

۱۲. رجالی، ف.، صالح راستین، نو، ملکوتی م.ج و علیزاده، ع. ۱۳۸۲. بررسی پتانسیل همزیستی قارچ های مایکوریزاآرباسکولار و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در برخی دیمزار های گندم استان آذربایجان شرقی. مجله علوم آب و خاک. شماره ۱۷. (۱): ۸۹-۹۰.

۱۳. رحمانی، ا.، ک.، اصغر زاده، ا. و رجالی، ف. ۱۳۸۴. کود های بیولوژیک مکمل یا جایگزین کود های شیمیایی. مجموعه مقالات ضروری تولید صنعتی کود های بیولوژیک کشور (چاپ دوم بازنگری بنیادی، ۳۱-۴۲).

۱۴. زائری، ع. ۱۳۸۰. بررسی اثرات تجمعی و باقیمانده لجن فاضلاب بر حرکت املاح، رطوبت خاک و برخی خواص فیزیکی خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی صنعتی اصفهان.

۱۵. سالاردینی، ع. و مجتهدی، م. ۱۳۷۶. اصول تغذیه گیاه. (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی. جلد دوم. تهران. ۳۱۸ صفحه.

۱۶. صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. کود های بیولوژیک و نقش آن ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار، ص ۱-۵۴.

۱۷. صـــالحی، گ. ۱۳۸۰. تاثیر مقادیر مختلف نیتروژن و فســـفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد ســـیاهدانه(*Nigella sativa* L.) در باجگاه. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

۱۸. صدوری، م. ۱۳۸۲. بیماری گیاهان روغنی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۰۳ صفحه.

۱۹. فتحی، ق. ا. ۱۳۸۰. رشد و تغذیه گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۳۷۲ صفحه.

۲۰. فلاح، ع و بشارتی، ح و خسروی ه. ۱۳۸۵. "میکروبیولوژی خاک (ترجمه)". آییژ. ص ۱۸۰

۲۱. کامکار، م.، لاهوتی، م.، زند، ا. شریفی، م. ر. و گلدانی، م. ۱۴۳۸۴. فیزیولوژی گیاهی. جلد اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ پنجم. ۴۵۶ صفحه.

۲۲. کرمی، ع. ۱۳۷۶. رابطه ســـازه های اجتماعی – اقتصـــادی با دانش فنی و کشـــاورزی پایدار بین گندم کاران. چاپ اول. معاونت برنامه ریزی و بودجه وزارت کشاورزی، تهران.

۲۳. کوچکی، ع.، ح. خیابانی و غ. سرمدنیا. ۱۳۷۵. تولید محصولات زراعی. انتشارات داشنگاه فردوسی مشهد. ۶۳۷ صفحه.

۲۴. کوچکی، ع.، نخ فروش، ع. و ظریف کتابی، ح. ۱۳۷۶. کشاورزی ارگانیک. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۳۱ص.

۲۵. لطیفی، ن. ۱۳۷۲. زراعت سویا(زراعت، فیزیولوژی و مصارف). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۰ صفحه.

۲۶. لطیفی، ن. ۱۳۷۵. زراعت سویا. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۲ صفحه.

۲۷. مجیدیان، م، ا، قلاوند.، ن، کریمیان.، و ع، ا، کامگار حقیقی. ۱۳۸۴. تاثیر تنش رطوبت، کود شـــیمیایی نیتروژنه و کود دامی و تلفیقی از کود نیتروژن و کود دامی بر عملکرد، اجزا عملکرد و راندمان آب در ذرت ســـینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۵: ۴۱۷-۴۳۲.

۲۸. مرشدی، ع. ۱۳۸۲. مروری بر تولید و مصرف جهانی کود. مجله نهاده، شمار۷ ، ص ۲۲-۲۶.

۲۹. مصـطفویان، س. ر. ۱۳۸۶. بررســی اثر کود های بیولوژیک مایکوریزا و تیو باســیلوس بر غنی ســازی و بهبود کیفیت و کمیت محصول دو رقم سویا و پایان نامه ارشد. دانشکده کشاورز ی دانشگاه مازندران. ۱۴۵ صفحه.

۳۰. ملکوتی، م. ۱۳۷۸. روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کود های شیمیایی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران ۱۵۵۴ صفحه.

۳۱. ملکوتی، م. ج و نفیســی، م. ۱۳۷۱. مصــرف کود در اراضــی زراعی فاریاب و دیم، انتشــارات دانشــگاه تربیت مدرس. ۳۴۰ صفحه.

۳۲. ملکوتی، م. و بلالی، م. ۱۳۸۳. مصــرف بهینه کود راهی برای پایداری در تولیدات کشــاورزی، نشــر آموزش کشــاورزی سفارش مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

۳۳. ملکوتی، م.، ج.، نفیســی، م. و خاوازی، ک. ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود، گامی ارزنده به سوی امنیت غذایی و دستیابی به کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات اصول تغذیه ذرت، بهینه سازی مصرف کود، گامی به سوی خودکفایی در تولید ذرت در کشور، انتشارات سنا. صفحات: ۳۷-۱۲.

۳۴. ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصـلخیزی حاک های مناطق خشـک و نیمه خشـک. چاپ دوم.انتشـارات دانشگاه تربیت مدرس،تهران.

۳۵. ملکوتی، م.ج.، خوگر، و ز. خادمی. ۱۳۸۳. روش های نوین در تغذیه گندم (مجموعه مقالات)، انتشارات سنا، تهران.

۳۶. یوسفی، م. و دانشیان، ج. ۱۳۸۹. تاثیر کود دامی و قارچ میکوریزا بر صفات زراعی کدوی تخم کاغذی در شرایط تنش خشکی. خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی تهران.

37. Abdel Rahman, A. 2008. Response of sesame to nitrogen and phosphorus fertilization in Northen Sudan. Journal of Applied Biosciences. 8(2): 304-308.
38. Agrama, H. A. S., 1996.Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. Plant breeding. 115: 343-346
39. Ajwa, A. H., Dell, C. J. and Rice, C. W. 1999. Changes in enzyme activities and microbial biomass of tallgrass prairi soil as related to buening and nitrogen fertilization. Soil Biology and Biochemistery, 31: 769-777.
40. Akhtar M.S. and Siddiqui Z.A. 2008. "Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Potential Bioprotectants against Plant Pathogens. In: Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry, (Eds.) Springer Netherlands, Dordrecht, The Netherlands., 6, pp: 61-97.
41. Alber, J.D.,W. McDowell, K. Nadelhoffer, A. Magill, G. Berntson, M. Kamakea. 1998 .Nitrogen saturation in temperate forest ecosystems: hypotheses revisited, Bioscience 48 (11) 921–934.
42. Algae. 2010. A Mean, Green Cleaning Machine" . USDA Agricultural Research Service. 7 May 2010.
43. Allen E. B. and Allen M. F. 1986. "Water relations of xeric grassesin the field: interactions of mycorrhizas and competition" Journal. of. New Phytol.,pp 104,559.
44. Allison, F.E. 1973. Soil Organic Matter and its Role in Crop Production. Soil Sci., Elsevier, Amsterdam, p. 3.
45. Alvear M., Rosas A., Rouanet J.L., and Borie F. 2005. Effect of three soil tillage system on some biological activities in an Ultisol from southerm Chile. Soil and Tillage Research, 82: 195-202.
46. Amthor, J. S. 1995. Plant respiration responses to elevated partial CO2 pressures. In: Advances in Carbon Dioxide Effects Research. L. H. Allen, Jr., M. B. Kirkham,. C. Whitman and D. M. Olzyk (Eds). Special Pub. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
47. Anderson, J.P.E. 1982. Method od Soil Analysis Chemical and Micro Biological peroperties, American Society of Agronomy, WI, 2, pp: 831-871
48. Andren, O., Katterer, T., and Karlsson, T. 2004. ICBM regional model for estimination of dynamic of agriculture soil carbon pools. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 70: 231-239, 200.
49. Antle, J. M. 1995. Cliamte change and agriculture in developing countries. American Journal of Agriculture Economics, 77: 741-46.
50. Auge, R. M. 2001." Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations" Canadian Journal of Soil Science., 84: 373-381.
51. Ayoola OT, Adeniyan ON .2006. Influence of poultry manure and NPK fertilizer on yield and yield components of crops under different cropping systems in south west Nigeria. Afr. J. Biotechnol. 5(15): 1386-1392.
52. Ball B.C., Scott A., Parker J.P. Field N_2O, CO_2 and CH_4 fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. Soil and Tillage research, 53: 215-230
53. Balogh, A., Pepo, P. and Hornok, M. 2006. Interactions of crop year, fertilization and variety in winter wheat management. Cereal Research Communications. 34(1): 389-392.
54. Bambara S. and Ndakidemi P. A. 2010. "Phaseolus vulgaris response to Rhizobium inoculation,lime and molybdenum in selected low pH soil in Western Cape" J. of. Agricultural Research., 5, pp 1804.
55. Barea, J.M., Ferrol N., Azcon-Aguilar C. and Azcon R. 2008. Mycorrhizal symbiosis, pp 143-163. In: The ecophysiology of plant-phosphorus interaction, White P. J. and Hammond J. P., Springer. Dordrecht.
56. Barker, A.V. and Bryson, G.M. 2006. Comparisons of compost whit low or high nutrient status for growth of plant in containers. Communic. Soil. Science. Plant Anal. 37: 1303-1319.

57. Barnabas, B., Jargen, K. and Fech, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproduction processes in cereals. Plant Cell and Environment. 31: 11-38
58. Bauer, A., Black, A.L., 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 185–193.
59. Bearden, B.N., Petersen, L., 2000. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on soil structure and aggregate stability of a vertisol. Plant Soil 218, 173–183
60. Below, F.E and Gentry, L.E. 1992. Maize productivity as influenced by mixed nitrogen supplied befor or after anthesis. J. of Crop. Sci. 32: 163-168.
61. Benbi D.K, Biswas C.R and Kalkat JS .1991 . Nitrate distribution and accumulation in an Ustochrept Soil profile in a long term fertilizer experiment. Fert Res 28: 173–177
62. Bethlenfalvay, G.J., Cantrell, I.C., Mihara, K.L., Schreiner, R.P. 1999. Relationships between soil aggregation and mycorrhizae as influenced by soil biota and nitrogen nutrition. Biol. Fert. Soils 28, 356–363.
63. Betts, R. A., Falloon P., Goldewijk, K. K., and Ramankutty, N. 2007. Biogeological effects of land use on climate: model simulation of radiative forcing and large scale temperature change. Agricuture and Forest Meteorology, 142: 216-233.
64. Black A.L., Miller R.H. and Keeney D.R. 1989. Methods of Soil Analysis. Part II ASA, I. SSSA, No.9.
65. Black, C.A. (1965). (cd). Method of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Peroperties, American, Inc, Modison, Wisconsin. USA.
66. Blake L., Goulding K.W.T., Mott C.J.B., Johnston A.E. 1999. Changes in soil chemistry accompanying acidification over more than 100 years under woodland and grass at Rothamsted Experimental Station, UK. European Journal of Soil Science, 50: 401–412.
67. Boby V.U. and Balakrishna A.N. and Bagyaraj D.J. 2008. "Interactionbetween *Glomus mosseae* and soil yeasts on growth and nutrition of cowpea". Journal of Microbiological Research., 163, pp 693.
68. Brady N,Weil R. 2002. The nature and properties of soils, 13th edition. Upper Saddle River. New Jersey: Prentice Hall.
69. Bremner. J.M and Mulvaney. C.S. 1982. Nitrogen total. Pp: 595-624. In: Page AL. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical Analysis. ASA and SSSA., Madison,WI.
70. Cai, Z.C., Qin, S.W. 2006. Dynamics of crop yields and soil organic carbon in a long-term fertilization experiment in the Huang-Huai-Hai Plain of China. Geoderma 136, 708–715.
71. Calvet, C., V. Estan, A. Camprub, A. Hernandez-Dorrego, J. Pinochet and M.A. Moreno. 2004. Aptitude for mycorrhizal root colonization in Prunus rootstocks. Scientia Horticulturae 100:39–49.
72. Campbell, C. A. 1967. The applicability of the carbon dating method in soil humus studies. Soil Science, 104: 217-224.
73. Campbell, C. A., Zentner R. P., Selles, F., Liang, B. C. and Blomert, B. 2001b. Evalution of a simple model to describe carbon accumulation in a brown Chernozem under varying fallow ferquency. Canadian Journal of Soil Science, 81: 383-394.
74. Campbell, C.A, Schnitzer, M., Stewart, J.W.B., Biederbeck, V.O. and Selles, F. 1986. Effect of manure and P fertilizer on properties of a black Chernozem in southern Saskatchewan. Canadian Journal Soil Science. 66: 601-613.
75. Campbell, C.A., Zentner, R.P., Liang, B.C., Roloff, G., Gregorich, E.C., Blomert, B. 2000. Organic C accumulation in soil over 30 years in semiarid southwestern Saskatchewan—effect of crop rotations and fertilizers. Canada. Journal. Soil Science. 80, 179–192.
76. Carreiro, M.M., R.L. Sinsabaugh, D.A. Repert, D.F. Parkhurst .2000. Microbial enzyme shifts explain litter decay responses to simulated nitrogen deposition, Ecology 81 (9) 2359–2365.
77. Cecil ,F . and tester, C .F . 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a Somali soi,,Journal.soil science. Am., 54:827-831.

78. Chapin, F.S., P.A. Matson, H.A. Mooney. 2002. Terrestrial nutrient cycling, in: Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology, Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, pp. 197–215.
79. Chen .J .2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for cropgrowth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October, 16 – 20. Thailand. 11 pp.
80. Clayton, H., Arah J.R. M. and Smith K. A. 1994. Measurement of nitrous oxide emissions fromm fertilized grass land using closed chambers. Journal of Geophysical Research. 99: 599- 607.
81. Covarrubias, A. A, Ayala, J. W., Reyes, J. L., Hernandez, M. and Garciarrubio, A. 1995. Cell-wall proteins induced by water deficit in Bean (*Phaseoulus vulgaris* L.) seedling. Plant Physiology, 107, 1119-1128.
82. Crecchio, C., Curci, M., Mininni, R., Ricciuti, P., Ruggiero, P., 2001.Short term effects of municipal solid waste compost amendments on soil carbon and nitrogen content, some enzyme activities and genetic diversity. Biology and Fertility of Soils 34, 311‑318.
83. Cure, J. D. and Acock, B. 1989. Crop response to carbon dioxid doubling: a literature survey. Agricultural and Forest Meteorlogy, 38: 127- 145. (In French Whit English Summary).
84. Dalal, R. C., Wang, W., Robertson, P. and Parton, W. J. 2003. Nirous oxide emission from Australian agriculture lands and mitigation options.: a review. Autralian Journal of Soil Research. 41: 165-195.
85. Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agron. Sustain. 25, 183-191.
86. Delgado, M., Porcel, M., Miralles, R., Imperial, D., Beltran, M., Beringola, L. and Martin Sanchez, J. 2002. Sewage slugle compost fertilizer effect on miaze yeild and soil heavy metal concentration. Rev. Intl. Contam. Ambient. 18(3): 147-150.
87. Delucia, E. H., Sasek T.W. and Strain B. R. 1985. Photosynthesis inhibition after long-term exposure to elevated levels of carbon dioxide. Photosynthsis Research, 7: 175-184.
88. Derner, J. D. and Schuman, G. E. 2007. Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects. Journal of Soil and Water Conservation. 62 (2): 77-85.
89. Dovì. V.G, Friedler. F, Huisingh. D, Klemes J.J. 2009. Cleaner energy for sustainable future. Journal of Cleaner Production;17:889e95.
90. Dudhane, M.P., Borde, M.Y. and Jite., P.K. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and antioxidant activit in gmelina arborea roxb. Under Salt Stress Condition. Not Sci Biol.3(4): 71-78.
91. Dumanski, J. and Lal, R. 2004. THEME PAPER: Soil conservation and the Kyoto Protocol Facts and Figures. Agriculture and the Environment, Environment Bureau, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, ONTARIO. Available at: http:// www.agr.gc.ca/ (Valiated: November 5, 2004).
92. Duxbury, J. M., Harper, L. A. and Mioser A.R. 1993. Contributions of agroecosystems to global climate change. Harper L., Duxbury J.M., Moiser A.R., and Rolstonj D.S. (Eds) In: Agrecosystems effects on radioactively important trace gases and global climate change. ASA Publications, No. 55. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp 1-18.
93. Ebhin Masto, R., Chhonkar, P.K., Singh, D., Patra, A.K. 2006. Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisol. Soil Biology and Biochemistry 38, 1577‑1582.
94. Eghbal, B., D. Ginting, and J. E Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost application on corn production and soil properties. Agronomy Journal, 96: 442-447.
95. Elfadl, E., Reinbrecht, C., Frick, C. and Claupein, W. 2009. Optimizing of nitrogen rate and seed density for safflower(*Carthamus tinctoius* L.) production under low-input farming condition in temperature climate. Field Crop Res. 114: 2-13.
96. EPA .2007. "Recent Climate Change: Atmosphere Changes". Climate Change Science Program. United States Environmental Protection Agency. Retrieved 21 April 2009.

97. Esengun K, Gunduz O, Erdal G. 2007. Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management;48:592e
98. Fang, Y.T., J.M. Mo, P. Gundersen, G.Y. Zhou, D.J. Li . 2004. Nitrogen transformations in forest soils and its responses to atmospheric nitrogen deposition: a review, Acta Ecol. Scinece. 24 (7) 1523–1531.
99. Farrar. J.F and Williams. M.L. 1991. The effect of increased atmospheric carbon dioxide and temprature on carbon partitioning, source-sink relation and respiration. Plant, Cell and Environment, 14: 819-830.
100. Feng, G., F.S. Zhang, X.L. Li, C.Y. Tian and C. Tang. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza 12:185–190.
101. Feng, G., Zhang F.S., Li x. K., Tian C. Y., Tang C. and Rengel Z. 2002. Improved tolerancew of maize plants to saalt strees by arbuscular mycorrhiza in related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza, 12, 185.
102. Fischer, G., Forhberg, K., Parry, M. L. and Resenzweig, C. 1994. Climate chenge and world food supply, demand and trade: who benefits,who losses? Global Environmental Change. 4 (1): 7-23.
103. Foolet R.F., Porter L.K. and Halvorson, A.D. 1995. 15 N-labeled fertilizer dynamics in soil in a 40year, no-till cropping sequence. In: Nuclear Techniques in Soil-Plant Studies. For Sustainable Agriculture and Environmental Persevation. Vienna, Austria, October 17-21, 1994, pp 165-174.
104. Galloway, J.N., A.R. Townsend, J.W. Erisman, M. Bekunda, Z.S. Cai, J.R. Frene. 2008. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions, Science 320 (5878) 889–892.
105. Gardner F.P, Pearce R.B., and Mitchell R.L. 1985. Physiology of Crop plants. Iowa State University Press, 327 pp.
106. Garg, B. K., Kathju, S., and Vyas, S. P. 2005. Salinity-fertility interaction on growth. Photosynthsis and nitrate reductase activity in sesame. Indian Journal of Plant Physiology. 10: 162-167.
107. Gee, G.H. and Bauder, J. W. 1986. “Particle size analysis” In: A. Klute, (ed), Methods of Soil Analysis. Physical Properties. SSSA, Madison, WI. Pp 383-411.
108. Gehrung, J. and Scholz, Y. 2009. The application of simulated NPP data in improving the assessment of the spatial distribution of biomass in Europe. Biomass and Bioenergy. 33: 712-720.
109. Gholanalizadeh Ahangar, A., Karimain, N. and Abtahi, A. 1995. Growth and management uptake by soybean in highly calcareous soil as affected by nine different extractants. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 1441-1454.
110. Ghosh DC and Mohiuddin M. 2000. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to biofertilizer and growth regulator. Agricultural Science 20(2): 90-92
111. Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K., and Hati, K.M. 2004. Comprative effectivence of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics.Π. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology. 95: 85-93.
112. Gilick, B.R., Penrose. D and Wenbo. M. 2001. Bacterial promotion of plant growth. Biotechnology Advances, 19: 135-138.
113. Gilley, J.E., Risse, L.M. 2000. Runoff and soil loss as affected by the application of manure. Transactions of the ASAE 43, 1583– 1588.
114. Giusquiani , P . L , pagliais , M , Giyliotti .G , Businell , D . and Benetti , A. 1995 , Urban waste compost effect on physical , chemical , and biochemical soil properties,,,J Environ .Qual .,24:175-182.
115. Goglio P, Colnenne-David C, Laville P, Doré T, Gabrielle B. 29% N_2O emission reduction from a modelled low-greenhouse gas cropping system during 2009–2011. Environ Chem Lett 2013;11(2):143–9.

116. Govindarajulu, M, Pfeffer, P. E, Jin H, Abubaker J, Douds D. D, Allen J.A, Bucking H, Lammers P.J. and Shachar-Hill Y. 2005. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis, Nature, 435, pp 819.
117. Grace, P R., Colunga-Garcia, M, Gage, S. H, Robertson, G. P. and Safir, G. R. 2006. The potential imapact of agricultureal management and climate change on soil organic carbon resources in terrestrial ecosystems of the North Central Region of the United States. Ecosystems. 9: 816-827.
118. Gregorich, E.G, Drury, C.F, Baldock, J.A, 2001. Changes in soil carbon under long-term maize in monoculture and legume-basedrotation. Canadian Journal of Soil Science 81, 21– 31.
119. Guo, J. and Zhou, Ch. 2006. Greenhouse gases emission and mitigation measure in Chinese agroecosystems. Agricultural and Forest Metorology, 142: 270-277.
120. Hansen, J, Johnson .D, Lacis A, Lebedeff, S, Lee, P, Rind, D. and Russell, D. 1981. Climate imapct of increasing atmospheric carbon dioxide. Science, 213: 957-966.
121. Harold, J.E, H.B. Robert. 1992. Highlights in biological nitrogen fixation, in: G. Stacey, R.H. Burris, H.J. Evans (Eds.), Biological Nitrogen Fixation, Chapman and Hall Press, London.
122. Harsh, P. B., Tiffani, L. W, Laura, G. P, Simon, G. and Jorge M. V. 2006. The role of root exudates in rhizospher interaction with plant and other organism. Plant Biol. 57: 233-266.
123. Hassanpanah D, Jafar A. 2012. Evaluation of 'Out Salt' anti-stress material effects on mini-tuber production of potato cultivars under in vivo condition . Journal of Food, Agriculture and Environment Vol.10 (1): 2 5 6 - 2 5 9
124. Heinemann, R., Maia, H. N., Dourado-Neto, A. D., Ingram, K. T., and Hoogenboom, G. 2005. Soybean (*Glicine max* L. merr.) growth and development response to CO2 enrichment under different temperature regimes. European Journal of Agronomy, 24: 52-61.
125. Heinrich Dittmar, Manfred Drach, Ralf Vosskamp,
126. Hernandez, T, Garcia C. and Reinhardt, I. 1997. Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemcal and microbiological properties of Mediterranean pine forest soils. Biology and Fertility of Soils, 25: 109-116.
127. Hiscox, J.D. and Israelstam G.F. 1979. A method for extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal Botany, 57(12): 1332-1334.
128. Hu, C. and Cao, Z. 2007. Size and activity of the soil microbial biomass and soil enzyme activity in long-term field experiments. World Journal of Agricultural Sciences. 3: 63-70.
129. Hutchinson, J. J, campbell, C. A, and Desjardins, R. L. 2007. Some perspectives on carbon sequestartion in agriculture. Agriculture and Forest Meteorology, 142: 288-302.
130. IFOAM. 2009. Soil carbon and organic farming. Available at: www.ifoam.org-soil association.
131. Ilbas A.I. and Sahin S. 2005. "*Glomus fasciculatum* inoculation improves soybean production" J. of. Acta Agriculturae Scandinavica., 55, 4, pp 287.
132. IPCC, Intergovenmental panel on climate change, Data distribution center. 1999. Providing climate change and related scenarios for impact assessments. Climatic Research Unit,
133. IPCC, Inter-govenmental panel on climate change. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basic. Houghton, J.T., Ding, Y., Grigge, D.J., Noguer, M., Van der Linder, P., Dai, X., Maskell, K., and Johnson, C.A. (Eds.). Contribution of Panel on Climate Change, Cambridge University press.
134. IPCC. 2001. Summary for Policymakers, Concentrations of atmospheric greenhouse gases ..., p. 7, in IPCC TAR WG1.
135. IPCC. 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability (eds J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N. A. Leary, D.J. Dokken & K.S. White:, 1032 pp. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
136. Jangid, K., Williams, M. A., Franzluebbers, A. J., Sanderlin, J. S., Reeves, J. H., Jenkins, M. B., Endale, D. M., Coleman, D. C., & Whitman, W. B. 2008. Relative impacts of land-use, management intensity and fertilization upon soil microbial community structure in agricultural systems. Soil Biology & Biochemistry, 40, 2843- 2853.

137. Janssens, I.A., Freibauer, A., Ciais, P., Smith, P., Nabuurs G.J., Folberth G., Schlamadinger, B., Hutjets R.W.A., Ceulemans R., Schulz E.D., Valentini, R., and Dolman, H. 2003. Europe's terrestrial biosphere absorbs 7-12% of European anthropogenic CO2 emission. Science, 300: 1538-1542.
138. Janzen, H.H., Campbell, C.A., Gregorich, E.G., Ellert, B.H., 1998. Soil carbon dynamics in Canadian agroecosystems. In: Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A. (Eds.), Soil Processes and Carbon Cycles. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 57–80.
139. Jenkinson, D.S. and Ladd. J.N. 1981. Microbial biomass in soil measurement and turnover. In: Paul, E.A, Ladd, I.N. (ed). Soil Biochemistry , Mareel Dekker . Inc, NY. Pp: 415-471.
140. Johnson J, Franzluebbers A, Weyers S, Reicosky D. 2007. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. Environ Pollut;150(1):107–24.
141. Kahilouto, H., Ketoja, E., Vestberg M. and Saarela, I. 2001. Promotion of AM utilization through reduced P fertilization 2. Field studies. Plant Soil., 231, pp 56.
142. Karl, T. R., Nicholls, N., and Gregory, J. 1997. The coming climate. Scientific American, pp 78-83.
143. Karrou M, Mourid M. 2009. Improving water productivity of crops in the mediterranean region: case of cereals. Symposium international (Agriculture durable en region Mediterranean (AGDUMED), Rabat, Maroc.
144. Khavazi, K. Asadi- Rahmani, H. and Malakouti, M.J. 2005. Necessity for the production of biofertilizers in in Iran(2th ed). Theran: Sana. (In farsi).
145. Kimball, B. A. and Bernacchi, C. J. 2006. Evaoptranspiratiion, canopy temperature, and plant water relations. In: Managed ecosystems and CO2. Nosberger J., Long, S. P., Norbey, R. J., Stitt, M., Hendrey, G. R., and Blum, H. (Eds), Berlin: Springer-Verlag, pp 311.324.
146. Kogel-Knabner, I., Amelung, W., Cao, Z.H., Fiedler, S., Frenzel, P., Jahn, R., Kalbitz, K., Kolbl, A., Schloter, M. 2010. Biogeochemistry of paddy soils. Geoderma 157, 1–14.
147. Koocheki A., Nassiri M., Kamali G.A., and Shahande H. 2006a. Potential impact of climate change on agro-meterological indicators in Iran. Arid Land Research and management, 20: 245-259.
148. Koocheki A., Nassiri M., Soltani A., Sharifi H., and Ghorbani R. 2006b. Effect of climate change on growth criteria and yeild of sunflower and chickpea crops in Iran. Climate Research, 30: 247-253
149. Kuepper, G. 2000. Manures for organic crop production. ATTRA Fayetteville AR 72702 Availabe online at://http://www.attrra. org/atrra.job/monuers.
150. Kukal, S.S., Rehana, R., Benbi, D.K. 2009. Soil organic carbon sequestration in relation to organic and inorganic fertilization in rice–wheat and maize–wheat systems. Soil Till. Res. 102, 87–92.
151. Lal, R. 1999. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. Progress in environmetal Sicence, 1: 307-326.
152. Lal, R. 2002. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. Environmental Pollution, 116: 353-362.
153. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science, 304: 1623-1627.
154. Lal, R., Kimble J.M., Follet R.F. and Stewart B.A. 1997.Soil Processes and Carbon Cycles. CRC Press, Boca Raton F.L., Campbell C.A., Mc Conckey B.G., Zentner R.P., Selles F. and Curtin D. 1996. Tillage and crop rotation effects on soil organic C and N in coarse-textured Typic Haploborall in southwestern Saskatchewan. Soil and Tillage Research, 37: 3-14.
155. Lal, R., Kimble, J.M., 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. Nutr. Cycling Agroecosyst. 49, 243–253.
156. Lambers H., Chapin F.S., and Pones T.L. 2008. Olant Physiological Ecology. 2nd Edition Springer. 604 pp.

157. Lauer , D . A 1975 . Limitation of animal waste replacement of inorganic Fertilizer . pp . 409 – 432 . In : W . J . Jewell (Eds) , Energy Agriculture and waste management proc . Agriculture waste management . conference Annual Arbor , Sci . , Ann . Arbor , MI .
158. Lekberg, Y. and Koid, R.T. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi, rhizobia, available soil P and nodulation of groundnut(*Arachis hypogeaa*) in Zimbabwe. Agr. Ecosyst.Environ., 110, 143.
159. Lewis , O , A . M . 1986 . Plant and nitrogen . Arnold , E . , Britian London.
160. Long S.P., Ainsworth, E.A., A.D.B., Nosberger, J. and Ort, D.R. 2006. Food for thought: Lower than expected crop yeild stimulation with rising CO2 Concentrations. Science. 312: 1918-1921
161. Lucy M, Reed E and Glick B R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek 86, 1-25.
162. Mahmood A. and Athar M. 2008. "Cross inoculation studies: Response of *Vigna mungo* to inoculation with rhizobia from tree legumes growing under arid Environment" Journal of International Journal. Enviroment. Scieince. Tech. 5, pp 135.
163. Malakouti, M. J., and Riazi Hamedani, S. A. 1974. Soil fertility and fertilizers. Tehran University Press. 3rd edition. 800 pp. (In Persian).
164. Manaffe, W. and Kleopper, J. 1994. Application of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: soil biota management in sustainable farming syshoots, Pankbrust C, Double B, Gupta V and Grace P eds. Cslro, Pub. East Melbouen: Australia. P 22-31.
165. Mandal, B., Majomder, B., Bandyopadhyay, P.K., Hazra, G.C., Gangopadhyay, A. Samantaray R.N., Mishra, A.K., Chaudhury J., Saha, M.N. and Kunsu S. 2007. The potential of cropping systems and soil amendments for carbon sequestration in soil under long-term expriments in subtropical India. Global Change Biology, 13: 357-369.
166. Mao J., Olk D C., Fang X., He Z., and Schmidt-Rohr K. 2008. “Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy”. Geoderma, 146: 353–362.
167. Marschner, H. 1986. Mineral Nutrient of Higher Plants. Academics Press, London.
168. Marschner, H., and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil 159: 89-102.
169. Martin E. Trenkel, Reinhold Gutser, Günter Steffens “Fertilizers, 2. Types” in Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2009. Wiley-VCH, Weinheim. doi:10.1002/14356007.n10_n01
170. Mc Conkey, B.G., Liang, B.C., Campbell C. A., Curtin D., Moulin A., Brandt S.A. and Lafond G.P. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. Soil and Tillage Research, 74: 81-90.
171. Miller, R.M. and Jastrow, J.D. 2002. Mycorrhizal fungi influence soil structure. In Y. Kapulink and D. D. Douds jr. (Eds). Arbuscular mycorrhizas: Physiology and Function. Pp 3-18. Dordrecht, The Neterlands:Kluwer Academic Publishers.
172. Miller, R.M., Jastrow, J.D., 1990. Hierarchy of root and mycorrhizal fungi interactions with soil aggregation. Soil Biol. Biochem. 22, 579–584.
173. Miranda K.M, Espey M.G. and Wink D.A. 2001. A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. Nitric Oxide 5, 62-71.doi: 10.1006/niox.2000.0319.
174. Mordy, A. A. 2001. Fennel swollen base yield and quality as affected by variety and source of fertilizer. 88: 191-202.
175. Morte, A., C. Lovisolo and A. Schubert. 2000. Effect of drought stress on growth and water relations of the mycorrhizal association Helianthemum almeriense-Terfezia claveryi. Mycorrhiza 10:115–119.
176. Mortimer P.E. and Pe´ rez-Ferna´ndez M.A. and Valentine A.J. 2008. "The role of arbuscular mycor- rhizal colonization in the carbon and nitrogen economy of the tripartite symbiosis withnodulated Phaseolus vulgaris" Journal of Soil Biology Biochem., 40, pp 1019.

177. Nikolay, S., A. Strigul and V. Kravchenco. 2006. Mathematical modeling of PGPR inoculation in the rhizosphere. Environmental Modeling and Software, 21: 1158-1171.
178. Nosetto MD, Jobbagy EG and Paruelo JM, 2006. Carbon Sequestration in Semi-Arid Rangelands Arid Environments 67: 142–156.
179. Ogle, S.M., Breidt, F.J., Paustian, K., 2005. Agricultural management impacts on soilorganic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. Biogeochemistry 72, 87–121.
180. Olsen S. R. Cole C. V. Watanabe F. S. and Dean L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular, U. S. Government Printing Office, Washington D. C. 939.
181. Olsen, S.R, and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus Pages 403-430. In A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney , Eds. Method of Soil Analysis. Part. 2nd (ed). Agronomy NO 9.American Society of Agronomy, Modison, WI, USA.
182. Olsene, J.E., RubeakG.H., Heidman T., Hansen S., and Borgesen C.D. 2004. Effect of climate change on greenhouse gas emissions from arable crop rotation. Nutrient Cycling in Agoecosystems, 70: 147-160.
183. Ortas, I., 2002. Biological, degradation. In: Lal, R. (Ed.), Encyclopedia of Soil Science. Marcel Dekker, USA, 20, pp. 264–267.
184. Ortus, I. and Harris, P. J. 1996. Enhancement uptake of phosphorus by myvorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. Plant Soil. 184(2): 64-225.
185. Patterson D.T. 1995. Weeds in a changing climate. Weed Science. 43: 685-701.
186. Paul A. 2007. Soil Microbiology. Ecology, and Biochemistry. Pp 514.
187. Paustian K., Cole C.V., Sauerbeck D., and sampson N. 1998. CO2 mitigation by agriculture: an overview. Journal of Climate Change , 40: 135-162
188. Pelster, D. E., Larouch, F., Rochette, P., Chantigny, M. H., Allaire, S. and Angers, A. 2011. Nitrogen fertilization but not soil tillage affects nitrous oxide emissions from a clay soil under a miaze-soybean rotation. Soil and Tillage Research. 115-116: 16-26.
189. Phillips J.M. and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesiculaer –arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trance. Br. Mycol. Soc. 55(1): 158-161.
190. Pimentel , D . 1993 . Economics and energies of organic and conventional farming . J . Agric . Environ . Ethies . 6 : 53 – 60 .
191. Plaza, C., Hernandez, D., Garcia-Gil, J.C., Polo, A., 2004. Microbialactivity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions. Soil Biology & Biochemistry 36, 1577‑1585.
192. Polley, H. W. 2002. Impalication of atmospheric and climate change for crop yield. Crop Science. 42: 131-140.
193. Post W.M., and Kown K.C. 2000. Soil Carbon Sequestration and Land-Use Change: Processes and potential. Global Change Biology. 6: 317-326.
194. Prasad R, 1996. Cropping systems and sustainable of agriculture. Indian Farming 46: 39-45.
195. Pratt, P.F. 1982. Fertilizer value of manure. Paper presented at the Agricultural Waste Confrence. March 1982, Mexico City, Mexico.201.
196. Rajendran, K. and Devaraj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of Casuarina equisetifolia inoculated whith biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy. 26: 235-249.
197. Raun, W.R. and Johnson, G.V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agron, J. 91: 357-363.
198. Reddy K.R., and Hodges H.F. 2000. Climate Change and Global Crop Productivity. CABI Publication. 472 pp.
199. Researchers Study Value of Chicken Litter in Cotton Production" . 23 July 2010.
200. Reynaldo, V. et al. 2012. The benefits of soil carbon. In UNEP Year Book. 19–33.

201. Rhoados, J.D. 1982. Cation exchangable capacity In: A.L Page. (Ed): Methods of soil analysis. Part 2. 2nd. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, W. L. pp 149-158.
202. Richardson, A. E., George T. S., Jakobsen, I. and Simpson R. J. 2007. Plant ultilization of inositol phosphates. Pp 242-260, In: Inositol phosphates: Linking agriculture and the environment , Turner B. L., Richardson A.E and Mullaney E. J., CABI, Wall-ingford, UK.
203. Rilling, M. C. and Mummey D. 2009. Mycorrhizal and soil structure. New Phytol. 171(1): 41-53.
204. Rodhe, H. 1990. A comparison of the contribution of various gases to the greenhouse. Science 248, 1217-1219.
205. Rosenzweig, C., Iglesias A., Yang X.B., Epstein P.R. and Chivian E. 2002. Climate change and extreme weather events: Implalications for food production. Plant diseases and pests. Global Change and Human Health.2: 90-104.
206. Ruiz, J. M. and Romero, L. 1990. Cucuumber yield and nitrogen metabolism in response to nitrogen supply. Scientia Horticulture. 82: 309-316.
207. Saharan B.S. and Nehra. V. 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. journal of Life Science and Medicine Research, Volume., LSMR- 211.
208. Saleh M. and Al- Garin S. 2006. "In fluence of malathion and mancozeb on mycorrhiza colonization and growth of Zea mays and Vica faba" Journal of Agricultural Sciencess., 2, 3, pp303.
209. Salinger M.J. 2005. Climate variabilty and change: Past, Present and Future – an overview. Climate Change, 70: 9-29
210. Salinger, J. 2007. Agricuture's influence on climate during the holocene. Agricultural and Forest Meteorology, 142: 96-102.
211. Saunders, M. A. 1998. Global warming: the view in 1998. Beneld Grein Hazard Research Centre report, University College London.
212. Schahczenski J., and Hill H. 2009. Agriculture, Cliamte Change and Carbon Biogeochemistry, 48: 7-20
213. Schlesinger, W.H. and Andrews J. A. 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistery, 48: 7-20.
214. Schmidt, M.W. 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. Nature 478, 49–56.
215. Schulp C.J.E., Nabuurs, G.J. and Veburg P.H. 2008. Future carbon sequestration in Europe: effect of land use change. Agriculture, Ecosystems and Environment, 127: 251-264.
216. Sharma A. K. and Johri B. N. 2002. Arbuscular mycorrhizae, interaction in plants, rhizosphere and soils. Science Publisher. INC, ENFILD, NH, USA. 311pp.
217. Sharma RK, Agrawal M, and Marshall FM, 2006. Heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater irrigated areas of Varanasi, India. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology 77: 312-318.
218. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India, 407p.
219. Sharma, A.K. 2002b. A Handbook of Organic Farming. Agrobios. India. pp: 627.
220. Sharma, R.S. and Kewat, M.C. 1996. Response of sesame to nitrogen. Field Crop Abstract 49(10): 978-990.
221. Shata, S.M., mahmoud, A. and Siam, S. 2007. Improving Calcarreous soil productivity by integrated effectnof intercropping and fertilizer. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3(6): 733-739.
222. Shi X.Z., Wang H.J., Yu D.S., Weindorf C.D., Cheng X.F., Pan X.Z., Sun W.X., and Chen J.M. 2009. Potential for soil carbon sequestration of eroded area in subtropical China. Soil and Tillage research, 105: 322-327
223. Shirani , H . , M . A . Hajiabasi , M . Afyuni and A . Hemmat . 2002 . Effect of Farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and cron yield in centeral Iran . soil and Tillage Research . 68 : 101 – 108.

224. Singh, K.P., Ghoshal. N., and Singh S. 2009. Soil carbon dioxide flux, carbon sequestration and crop productivity in tropical dryland agroecosystem: influence of organic inputs of varying resource quality. Applied Soil Ecology, 42: 243-253.
225. Singh, R.P., Choudhary, A., Gulati, A., Dahiya, H.C., Jaiwal, P.K., and Sengar, R.S. 1997. Response of plants to salinity in interaction with other abiotic and factors. In: Jaiwal P.K., Singh, R.P., and Gulati, A. (Eds.) Strategies for improving salt tolerance in higher plants. Science Publishers, Enfield, N.H. Pp. 25–39.
226. Smith P. 2004. Review: Carbon sequestration in cropland: the potential in Europe and the globsl context.European Journal of Agronomy, 20: 229-236.
227. Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., Mc Carl B., Ogle s., O'Mara F., Rice C., Scholse B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan G., Romanenkov V., Schneider, U. and Towprayoon S. 2007. Policy and technological constrains to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment, 118: 6-28.
228. Smith, P., Powlson, D.S. and Glendining M.J. 1996. Estabilishing a European soil organic matter network(SOMNET). In: Powlson D.S., Smith P., Smith J.U.,(Eds), Evalution of Soil Organic Matter Models using Existing, Long-Term Datasets, NATO ASI Series I, Vol. 38. Springer-Verlag,Berlin, pp 81-98.
229. Smith, P., Powlson, D.S., 2000. Considering manure and carbon sequestration. Science 287, 428–429.
230. Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, San Diego, CA.
231. Stevenson, F.J., Cole, M.A., 1999. Cycles of Soil, second ed. Wiley, New York.
232. Supit, I., Van Diepen, C.A., De Wit, A.J.W., Kabat, P., Baruth, B., Ludwig, F., 2010b. Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. Agriculture System. 103, 683–694.
233. Swift M.J. 1997. Biological management of soil fertility as component of sustainable agriculture: perpective and prospects whit particular references to tropical regions. In: Soil Ecology in Sustainable Agricultral Systems. Bruassaard L., and Cerrato R.F. p 27-159. CRC Press.Boca Raton, USA.
234. Tawaraya, K., Natio, M. and Wagatsuma T. 2006. Solubilization of insoluble inorganic phosphate by hyphal exudates of arbuscular mycorrhizal fungi. J. Plant Nutr., 29, pp 657.
235. Tilak KVBR, Ranganayaki N, Pal KK, De R, Saxena AK, Shekhar Nautiyal C, Shilpi Mittal A, Tripathi K and Johri BN, 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89: 136-150.
236. Turner, N. C. 2001. Optimizing water use. In: Nosberger, H. A., and P. C. Struik (Eds). International Crop Science. CAB International, Wallingford, UK, pp 119-135
237. Twine, T. E., and Kucharic, C. J. 2009. Climate impacts on net primary productivity trends in natural and managed ecosystems of the central and eastern Unite States. Agriculture and Forest meteorology. 149: 2143-2161.
238. Tyndall, J .1861. On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours, and on the Physical Connection of Radiation, Absorption, and Conduction". Philosophical Magazine. 4 22: 169‑94, 273‑85. Retrieved 8 May 2013.
239. Utayasoorian, C., Balamurgan, p. and Muthuvel, P. 1991. Direct and residual effect of FYM and NPK levels on sunflower. MadrasAgric J 78: 207-209.
240. Van Eerd, L. L. and J. W. Zandstra. 2007. Enhancing sugar beet storage quality. Interim report No. ADVO253, Agriculture of Adaptation council. University of Guelph Ridge Town Campus. Agriculture and Agri –Food Canada. P. 2-15.
241. Vance, C. P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquistion. Plant nutrition in world of declining renewable resource. Journal of Plant Physiology. 127: 390-397.

242. Veren, C. 2001. Tield response and N-fertilizer recovery of rainfed wheat growing in the mediterranean region. Field Crop Research. 71: 113-122.
243. Verge, X.P. C., Kimpe, C. D. and Desjardins, R. L. 2007. Agriculture production, greenhouse gases emission and mitigation potential. Agriculture and Forest Meteorology. 142: 255-269.
244. Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. J. of. Plant Soil,. 255, pp 571-586.
245. Wajid, A., Ghaffar, A., Maqsood, M., Hussain, K., and Wajid, N. 2007. Yeild response of maize hybrids to varying nitrogen rates.Pakistan Journal Agriculture Science. 42: 217-220
246. Wang, J., Fu, B., Yang, Q., Chen, L., 2001. Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China Journal Arid Environment. 48, 537–550.
247. West TO, Six J. 2007 .Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. Clim Chang;80:25–41.
248. Wolf, J. 1996. Effects of nutrient supply (NPK) on spring wheat response to elevated stmospheric CO_2. Plant and Soil, 185: 113-123.
249. Woodward, F.I .2009. Biological approaches to global environmental change mitigation and remediation. Curr. Biol. 19, R615–R623
250. Wright S.F. and Upadhyaya A. 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomaline a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Soil. 198(1): 97-107.
251. Wu, S., Caob, Z., Lib, Z., Cheungga, K. and Wang, M. 2005. Effect of biofertolizer containing N-fixer, P and K solubilizers and Am fungi on maize growth. A greenhouse trial. Geoderma. P 125: 155-166.
252. Yanai, J., Lineham, D.J, Babeava, D., Young I.M., Hackett C.A., Kyuman, K. and Kosaki. T. 1996. Effect of inorganic nitrogen application on the dynamics of the soil solution composition in the root zone. Plant Soil. 180: 1-9.
253. Yogesh A and Juo ASR. 1982. Leaching of fertilizer ions in a kaolinitic Ultisol in the high rain fall tropics: Leaching ofnitrate in field plots under cropping and bare fallow. Soil Science Society America Journal 46: 1212–1217.
254. Zahir, A.Z., Arshad, M and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Application and perspective in agriculture. Agronomy. 81: 97-168.
255. Zaidi A. Khan M. S. and Amil M. 2003. Interactive effects of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.), Europe Journal Agronomy. 19, 15.
256. Zaongo , c . G . L . , C . W . Wentdt , R . J . Lasccano and A . S . R . Juo . 1997 . Interactions of water , mulch and nitrogen on sorghum in Niger . plant and soil 197 : 119 – 126 .
257. Zhang, C.S and McGrath, D., 2004. Geostatistical and GIS analyses on soil organic carbon concentrations in grassland of southeastern Ireland from two different periods. Geoderma 119, 261–275.

Abstract :

In the past, Human industrial and agricultural activity has led to increase in greenhouse gases emission, global warming and climate change in different regions of the world. The greatest and most important of which is carbon dioxide. To maintain continuous and storage of carbon in the soil is said carbon sequestration. Research has shown that control of nitrogen and carbon sequestration in the soil are the most effective ways to reduce greenhouse gas emissions to the atmosphere. In order to evaluate the effect of symbiotic microorganisms and fertilization on carbon sequestration, application of symbiotic microorganisms (non-inoculated, *Bradyrhizobium*, mycorrhizal, *Bradyrhizobium* + mycorrhizal) and external inputs of fertilizer (none-use of fertilizers, manure and N-chemical) a field experiment was conducted. The experiment was performed as factorial based on the randomized complete block design with three replications. The results showed that the main effect of symbiotic microorganisms (bio-fertilizers) on the dry weight of stems and leaves, the distribution of carbon sequestration in the leaves and stem, leaf area, chlorophyll, increase soil organic carbon and soil respiration significantly increased and soil nitrate was significantly reduced by application of bio-fertilizers. Application of external inputs (fertilizer) on the distribution of carbon sequestration in the leaves and stem, leaf area, chlorophyll, total nitrogen, soil organic carbon, soil carbon sequestration and soil respiration significantly increased. The combined effects of symbiotic microorganisms and fertilizers used on any of the above traits was not significant. Among fertilizers, manure increased more carbon sequestration. The results confirmed that the application of manure and biological have effective role on sequestration and distribution of carbon on soybean and can prevent the release of greenhouse gases into the atmosphere.

Keywords: carbon sequestration, bio-fertilizers, greenhouse gases, manure, nitrogen chemical fertilizers

University of shahrood
Faculty of Agricultural
Department of Agronomy

Effect of symbiotic soil microorganisms and fertilizers on carbon sequestration and distribution in soybean

Hossein Zargar

Supervisors:
Dr. M. R. Amerian
Dr. H. R. Asghari

Advisor:
Eng: M. Rahimi

September 2015